



Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Física - IF

Licenciatura em Física

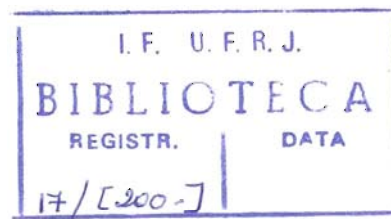
Trabalho Final de Curso

# **A Contextualização da Física no Ensino Médio**

**Robson Costa de Castro**

**Orientadora: Wilma Machado Soares Santos**

17/[200-]



# Índice

	Páginas
<b>1- Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2- Planejamento do Trabalho</b>	
2.1 – Breve Resumo da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	3
2.2 – Conhecimentos Prévios	4
2.3 – Análise dos Conhecimentos Prévios	
2.3.1- Mecânica	6
2.3.2 – Óptica	15
<b>3- Método Utilizado</b>	
3.1 – Mecânica	
3.1.1 – Situações do Cotidiano	21
3.1.1.1 – Aula 1 – Introdução à Dinâmica	23
3.1.1.2 – Aula 2 – Energia	33
3.1.1.3 – Aula 3 – Gravitação	39
3.1.1.4 – Parte Experimental	44
3.2 – Óptica	
3.2.1 – Situações do Cotidiano	51
3.2.1.1- Aula 1 – Introdução à Óptica	52
3.2.1.2- Aula 2 – Reflexão da Luz	58
3.2.1.3- Aula 3 – Refração da Luz	63
3.2.1.4 – Parte Experimental	70
<b>4- Resultados</b>	
4.1- Quadro de Notas	76
4.2 – Gráfico Comparativo dos Resultados	
4.2.1 – Mecânica	78
4.2.2 – Óptica	80
4.3 – Perguntas dos Alunos	82
<b>5- Conclusões</b>	<b>84</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>85</b>

### 1. Introdução:

Este trabalho propõe uma forma de ensinar tópicos de Física relacionados à Mecânica e à Óptica de uma maneira acessível a estudantes do Ensino Médio. A importância deste trabalho está em oferecer ferramentas para entender a física formal ensinada em sala de aula, usando a contextualização dos temas em estudo em fenômenos naturais de impacto para pessoas leigas, tais como arco-íris, miragens, eclipses, cor do céu.

Por outro lado, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) – Física <sup>(19)</sup>, recomendam:

*[...] As modalidades exclusivamente pré-universitárias e exclusivamente profissionalizantes do Ensino Médio precisam ser superadas, de forma a garantir a pretendida universalidade desse nível de ensino, que igualmente complete quem encerre no Ensino Médio sua formação escolar e quem se dirige a outras etapas de escolarização. Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais.*

*[...] Trata-se, isso sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam.*

Com relação ao desenvolvimento cognitivo, é proposto:

*[...] Sendo o Ensino Médio um momento particular do desenvolvimento cognitivo dos jovens, o aprendizado de Física tem características específicas que podem favorecer uma construção rica em abstrações e generalizações, tanto de sentido prático como conceitual. Levando-se em conta o momento de transformações em que vivemos, promover a autonomia para aprender deve ser preocupação central, já que o saber de futuras profissões pode ainda estar em gestação, devendo buscar-se competências que possibilitem a independência de ação e aprendizagem futura.*

Tendo em vista as dificuldades relatadas e as recomendações do PCNs, foram realizadas pesquisas para verificar o nível de conhecimento ou “desconhecimento” de alunos da 8ª série do Ensino Fundamental e das 1ª à 3ª séries do Ensino Médio, em relação aos tópicos de Física, necessários à compreensão dos conceitos básicos da Mecânica e Óptica: No Colégio Estadual Itália da rede pública, nos Colégios Educo-CPS, CTA da rede particular e no Curso Santos Filho da rede particular. Para tal verificação, foram aplicados questionários para levantar os conhecimentos prévios dos alunos, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel<sup>(20)</sup>.

No capítulo II são apresentados os principais conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel; os questionários de Mecânica e Óptica sobre conhecimentos prévios que foram aplicados aos alunos e a análise de suas respostas.

O capítulo III é dedicado ao método utilizado para o ensino dos conceitos físicos relacionados aos temas, assim como, os exemplos da natureza utilizados para relacionar com a física.

No capítulo IV, são apresentados os resultados obtidos nas diferentes escolas e turmas.

No capítulo V, encontram-se as conclusões do trabalho



## 2. Planejamento do Trabalho:

### 2.1 – Breve Resumo da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel:

Essa teoria foi desenvolvida pelo psicólogo americano David Ausubel na década de 60. Ela pretende explicar o processo ensino-aprendizagem a partir de uma perspectiva cognitiva, significando isso, “[...] entender a aprendizagem como um processo de modificação do conhecimento, em vez de comportamento em um sentido externo e observável, e reconhecer a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento”. Uma outra característica marcante das idéias de Ausubel é o fato de “[...] basearam-se em uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, em vez de tentar somente generalizar e transferir à aprendizagem escolar conceitos ou princípios explicativos extraídos de outras situações ou contextos de aprendizagem”<sup>(20)</sup>.

*[...] A importância da estrutura cognitiva prévia e a sua conscientização pelo ensino evidência, claramente, o que talvez seja a afirmação mais conhecida entre as formulações de Ausubel: “o fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Descubram o que é e o ensinem em seqüência”<sup>(20)</sup>.*

A “aprendizagem significativa” é o conceito mais importante na Teoria de Ausubel. Por aprendizagem significativa entende-se um processo de interação entre uma nova informação com alguma informação relevante, pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz; essa interação possibilita que a nova informação adquira significado. Ausubel chama essa estrutura cognitiva pré-existente de “conceitos subsunçores” ou, somente, “subsunçores”<sup>(20)</sup>.

A aprendizagem significativa depende, pois, do quanto a nova informação for “substanciada” pelos conhecimentos prévios do aprendiz<sup>(20)</sup>; contrariamente, quando não houver tal embasamento, a aprendizagem é mecânica ou repetitiva. Logo:<sup>(20)</sup>

*[...] Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e a utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como da aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos.*

A aprendizagem significativa apresenta três vantagens essenciais em relação a aprendizagem memorística ou mecânica ou repetitiva <sup>(20)</sup>:

- 1ª - o conhecimento adquirido de forma significativa é retido e lembrado por mais tempo;
- 2ª - aumenta a capacidade de aprender novos conhecimentos ou conteúdos relacionados ao conhecimento original de uma maneira mais fácil, mesmo que o conhecimento original seja esquecido;
- 3ª - a aprendizagem significativa facilita a reaprendizagem de uma informação esquecida.

Na aplicação do método de aprendizagem significativa, a Observação da Natureza será usada como instrumento para absorção de nova informação. A Observação da Natureza é qualificada para essa tarefa, na medida em que mostra questões que são, na vida real, relevantes à formulação de algum conceito; ao clarificar idéias e conceitos, ela é parte inseparável dos fundamentos da Física.

### 2.2 – Conhecimentos Prévios:

Dentre os muitos desafios que a Física procura superar, um deles chama-nos a atenção de maneira especial: Como melhorar o ensino/aprendizagem de Física? Esta pergunta vem sendo feita por inúmeros professores e pesquisadores por todo o mundo. Assim, acreditamos que nosso trabalho ajudará se não buscar uma resposta, ao menos um melhor conhecimento de como anda a aprendizagem de Física, principalmente como o aluno contextualiza a física de sala de aula com a natureza.

Nosso trabalho inicia-se com a aplicação de questionários de conhecimento prévios em escolas da rede pública e da rede pública para um total de 287 alunos, destes 132 alunos responderam sobre Mecânica e 155 alunos responderam sobre Óptica, conforme o modelo a seguir:

Mecânica		Óptica	
Idade: _____		Idade: _____	
Série: ( ) 8ª série ( ) 1ª série ( ) 2ª série ( ) 3ª série		Série: ( ) 8ª série ( ) 1ª série ( ) 2ª série ( ) 3ª série	
Turno: ( ) manhã ( ) tarde ( ) noite		Turno: ( ) manhã ( ) tarde ( ) noite	
Trabalha: ( ) Sim ( ) Não		Trabalha: ( ) Sim ( ) Não	
Internet: ( ) Não ( ) Não		Internet: ( ) Não ( ) Não	
<p>1- Que força é responsável pelo movimento dos planetas em torno do Sol? Justifique.</p>		<p>1- “Após uma noite de chuva, o sol inicia seu ciclo <b>aparecendo</b> na linha do horizonte. Assim José e Joaquim decidem lavar seu Fusca Setentão. No caminho ao parar no sinal eles observaram uma imagem projetada (como se fosse no chão) do carro que estava a sua frente. Será que eles estavam vendo <b>alucinação!!!!</b>” Explique esta história com uma visão física.</p>	
<p>2- Na explosão de uma bomba atômica, indique quais as formas de energia que você acha que estão presentes?</p>		<p>2- Porque vemos o céu claro durante o dia e escuro durante a noite?</p>	
<p>3- Diga onde a aceleração da gravidade na terra é maior? Nos pólos ou no equador? Na terra ou na lua?</p>		<p>3- Porque ao cair da tarde o sol fica avermelhado?</p>	
<p>4- A força da gravidade só atua sobre corpos em queda? Explique.</p>		<p>4- <b>Explique</b> como se dá a formação do arco-íris. Existe <b>alguma</b> relação com a física?</p>	
<p>5- A resistência do ar aumenta ou diminui a velocidades dos satélites em órbita? Justifique.</p>		<p>5- Atualmente, às informações têm sido <b>aceleradas</b> com a <b>utilização das fibras ópticas</b>. O seu mecanismo de funcionamento se relaciona a que campo da física? Você sabe como <b>elas</b> funcionam?</p>	
<p>6- Sabendo que um atleta exerce na água uma força de 10N, horizontal, da direita para esquerda. Determine a direção, o sentido e o módulo da força que a água exerce no atleta. Despreze o empuxo.</p>			

Diante dos resultados obtidos pela análise dos questionários, podemos observar que existe uma separação entre o conhecimento de senso comum e o conhecimento científico. Assim, para superar os modos de raciocínio de senso comum é necessário um esforço maior no ensino, o qual tem que ir além do convencional.



### **2.3 – Análise dos Conhecimentos Prévios:**

#### **2.3.1 - Mecânica:**

Os questionários de Mecânica foram aplicados em dois grupos. O primeiro grupo era formado por quatro turmas do Ensino Médio pertencentes à rede particular de ensino do Rio de Janeiro. Este grupo totalizou 95 alunos, dividido em:

**Quadro 1 – Rede Particular**

Grupo 1A- 1ª Série		Grupo 2A – 2ª Série	Grupo 3A – 3ª Série
N1	N2		
30 alunos	12 alunos	32 alunos	21 alunos

Todas as turmas frequentavam as aulas no período matutino. A metodologia foi aplicada na turma N2 da 1ª série do Ensino Médio, onde os questionários foram aplicados antes do processo e reaplicados após o processo.

Nas outras turmas, onde o ensino foi dado na forma tradicional, os questionários foram aplicados uma vez, ao final do curso, com o objetivo de verificarmos o que foi aprendido.

O segundo grupo era formado por três turmas do Ensino Médio pertencentes à rede pública de ensino do Rio de Janeiro. Este grupo totalizou 37 alunos, divididos em:

**Quadro 2 – Rede Pública**

Grupo 1B- 1ª Série	Grupo 2B – 2ª Série	Grupo 3B – 3ª Série
5 alunos	19 alunos	13 alunos

Todas as turmas frequentavam as aulas no período noturno. Todas as turmas, onde o ensino foi dado na forma tradicional, os questionários foram aplicados ao término do período, com o objetivo de verificarmos o que foi aprendido.

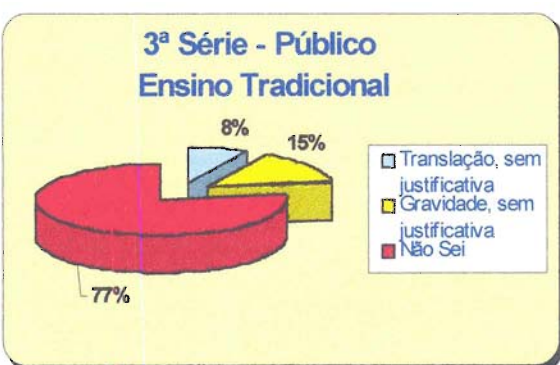
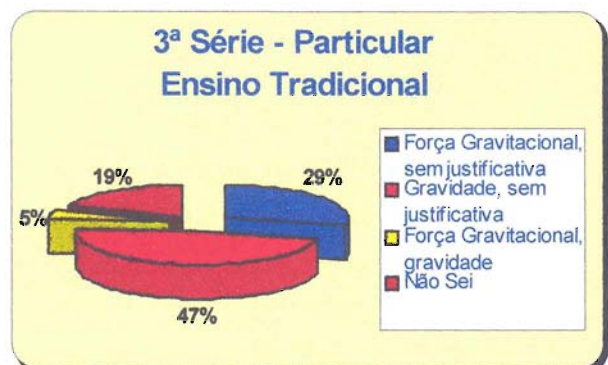
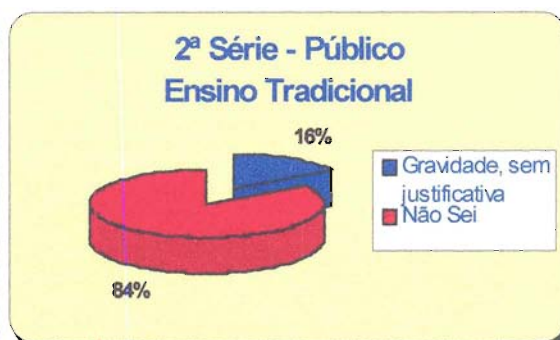
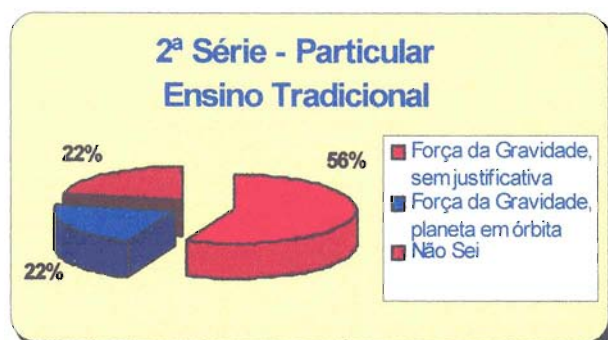
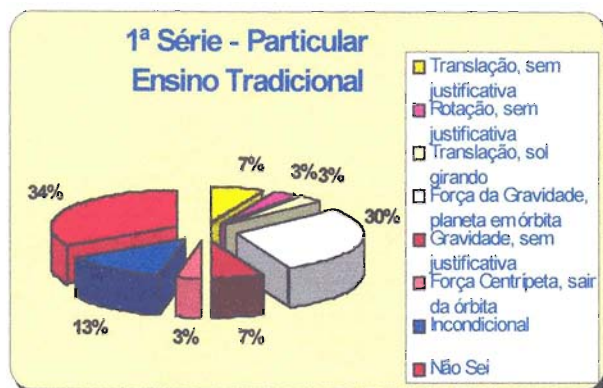
Abaixo, o quadro de percentual de alunos que trabalham e acessam a Internet.

Quadro 3 – Alunos que Acessam Internet e Trabalham

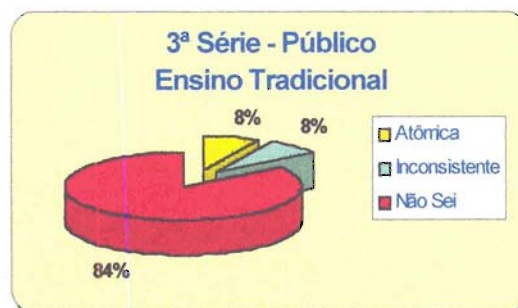
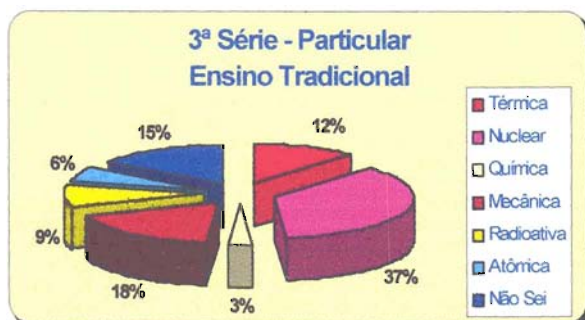
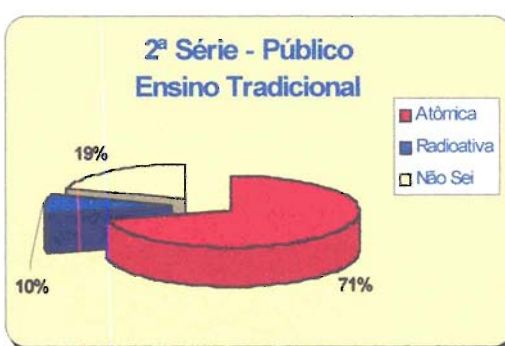
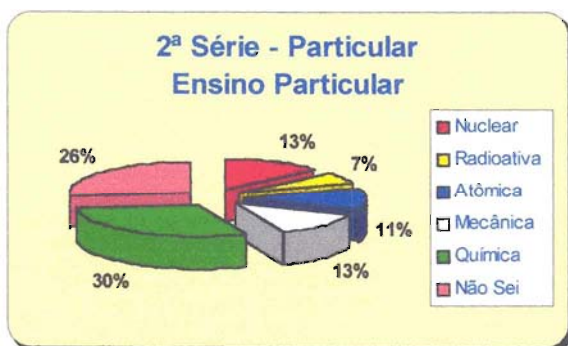
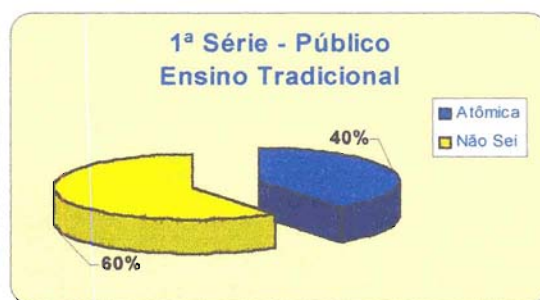
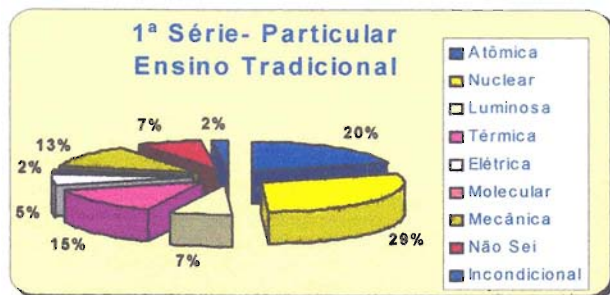
Grupos	Internet	Trabalham
<b>1A</b>	-	-
<i>N1</i>	87%	0%
<i>N2</i>	85%	5%
<b>2A</b>	94%	12%
<b>3A</b>	74%	9%
<b>1B</b>	20%	80%
<b>2B</b>	31%	74%
<b>3B</b>	30%	60%

Abaixo os gráficos de comparação das respostas dadas pelos alunos, após o aprendizado de física na forma tradicional, lembrando que os gráficos dos alunos da 1ª Série do Ensino Médio, a seguir, foram obtidos com as respostas da **turma N1**.

Pergunta 1- Que força é responsável pelo movimento dos planetas em torno do sol?  
Justifique.



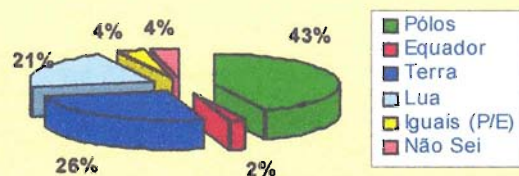
Pergunta 2- Na explosão de uma bomba atômica, indique quais as formas de energia que você acha que estão presentes?



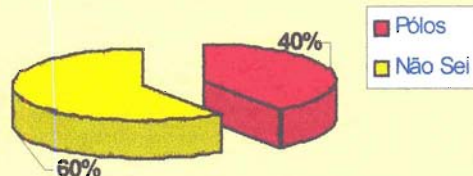


Pergunta 3- Diga onde a aceleração da gravidade na terra é maior. Nos pólos ou no equador? Na terra ou na lua?

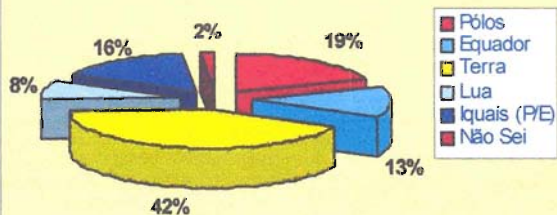
1ª Série - Particular  
Ensino Tradicional



1ª Série - Público  
Ensino Tradicional



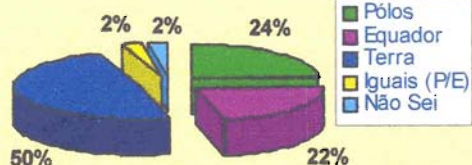
2ª Série - Particular  
Ensino Tradicional



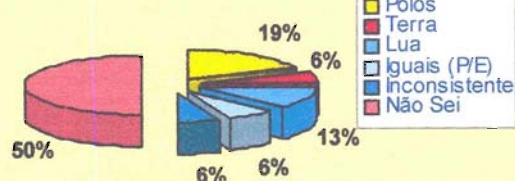
2ª Série - Público  
Ensino Tradicional



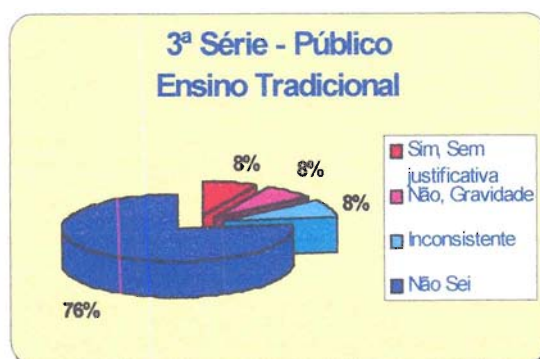
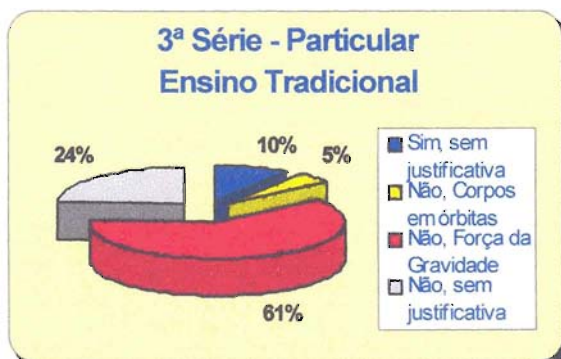
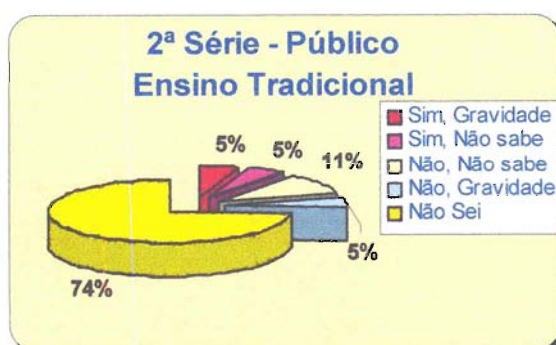
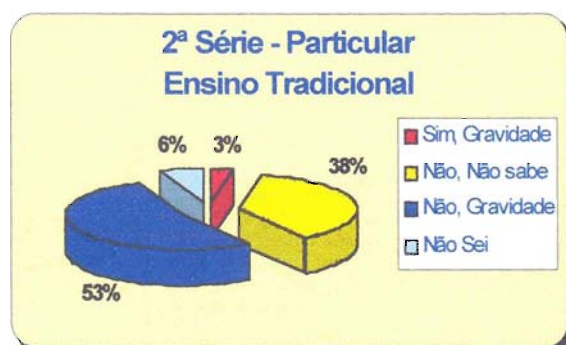
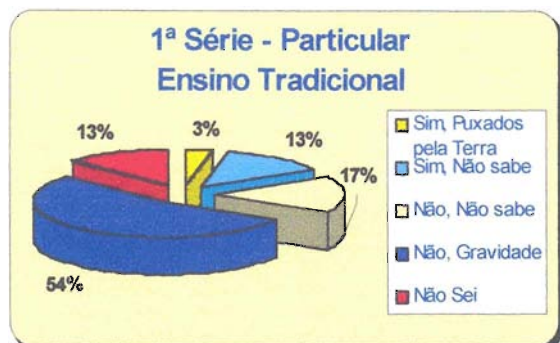
3ª Série - Particular  
Ensino Tradicional



3ª Série - Público  
Ensino Tradicional



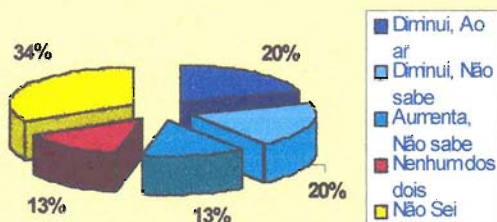
Pergunta 4- A força da Gravidade só atua sobre corpos em queda ?



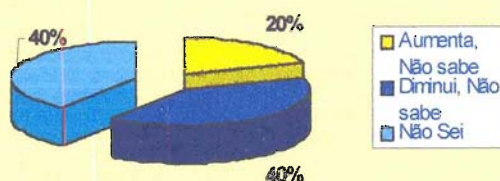


**Pergunta 5- A resistência do ar aumenta ou diminui a velocidades dos satélites em órbita? Justifique.**

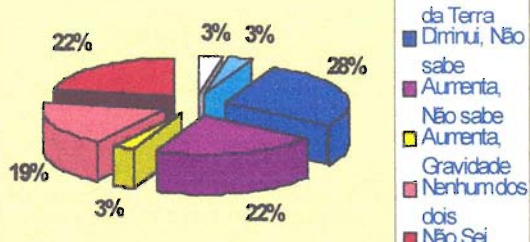
**1ª Série - Particular  
Ensino Tradicional**



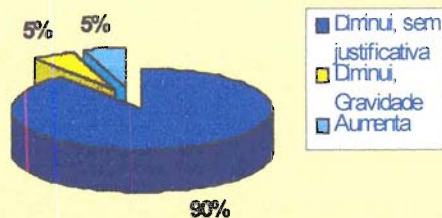
**1ª Série - Público  
Ensino Tradicional**



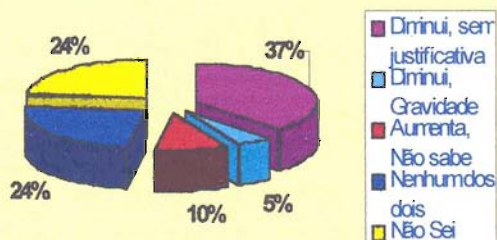
**2ª Série - Particular  
Ensino Tradicional**



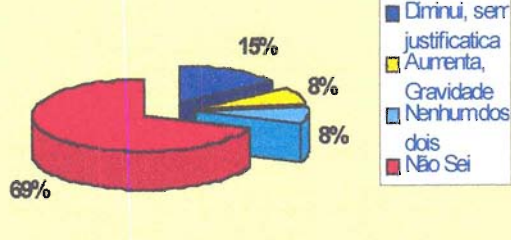
**2ª Série - Público  
Ensino Tradicional**



**3ª Série - Particular  
Ensino Tradicional**

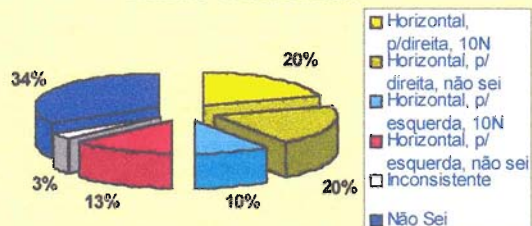


**3ª Série - Público  
Ensino Tradicional**

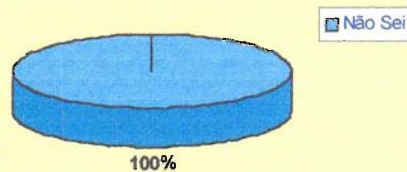


**Pergunta 6- Sabendo que um atleta exerce na água uma força de 10 N, horizontal, da direita para esquerda. Determine a direção, o sentido e o módulo da força que a água exerce no atleta. Despreze o empuxo.**

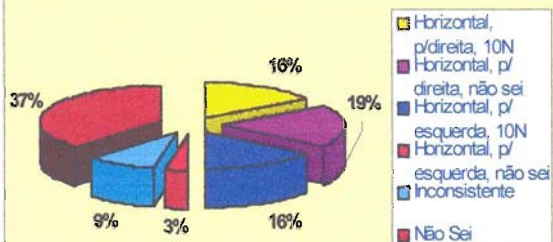
**1ª Série - Particular  
Ensino Tradicional**



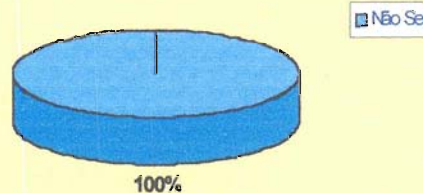
**1ª Série - Público  
Ensino Tradicional**



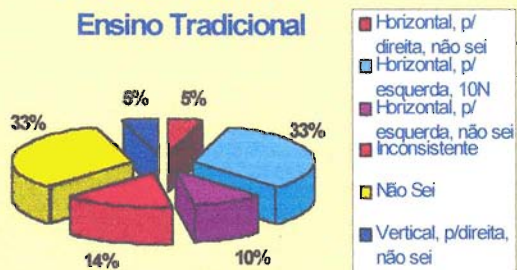
**2ª Série - Particular  
Ensino Tradicional**



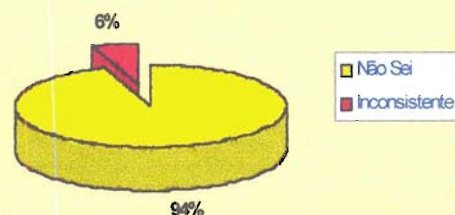
**2ª Série - Público  
Ensino Tradicional**



**3ª Série - Particular  
Ensino Tradicional**

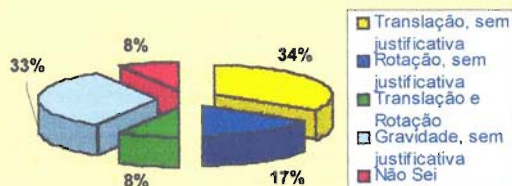


**3ª Série - Público  
Ensino Tradicional**

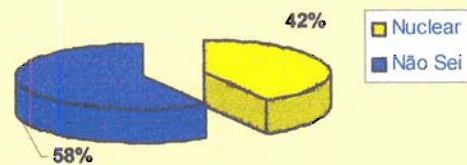


Agora, mostraremos os gráficos das respostas dadas pelos alunos da 1ª Série do Ensino Médio da turma N2, antes de receberem o Ensino Ativo, ou seja, onde foi aplicada a metodologia proposta neste trabalho.

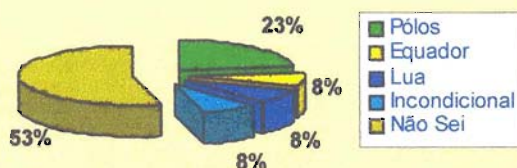
Pergunta 1



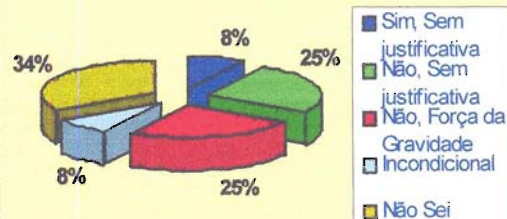
Pergunta 2



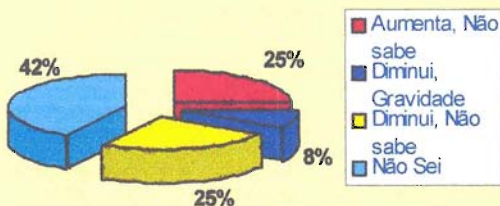
Pergunta 3



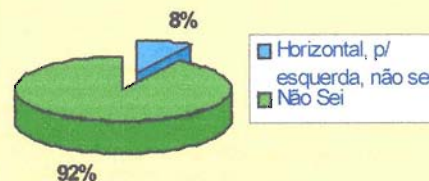
Pergunta 4



Pergunta 5



Pergunta 6





### 2.3.2 - Óptica:

A aplicação dos questionários na Óptica foi realizada em cinco grupos, divididos em:

**Quadro 4- Grupo dos alunos da rede particular e da rede pública**

Rede Particular				Rede Pública	
Ensino Fundamental		Ensino Médio		Ensino Fundamental	
8ª Série		1ª Série	3ª Série	8ª Série	
Grupo 1C 30 alunos	Grupo 2C 32 alunos	Grupo 3C 21 alunos	Grupo 4C 23 alunos	Grupo 5C 21 alunos	Grupo 6C 28 alunos

Os questionários foram aplicados as turmas 2C, 3C, 4C, 5C e 6C após o ensino tradicional, que frequentavam as aulas no período matutino. Nas turmas dos grupos 1C e 2C, os questionários foram aplicados antes do processo e reaplicados após o processo de ensino e aprendizado em Física.

Abaixo, o quadro de percentual de alunos que trabalham e acessam a Internet.

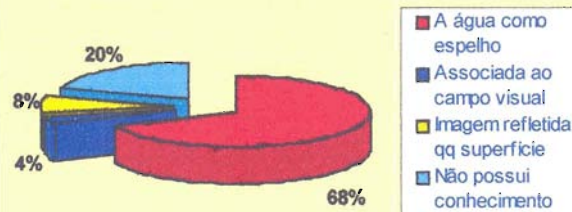
**Quadro 5 – Alunos que Acessam Internet e Trabalham**

Grupos	Internet	Trabalham
1C	90%	2%
2C	85%	6%
3C	90%	10%
4C	83%	78%
5C	52%	0%
6C	60%	2%

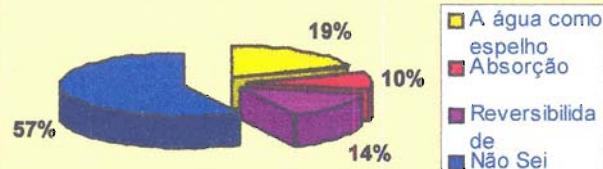
Agora mostraremos as respostas das pelos alunos após receberem o ensino tradicional

**Pergunta 1- “Após uma noite de chuva, o sol inicia-se seu ciclo aparecendo na linha do horizonte. Assim José e Joaquim decidem lavar seu Fusca setentão. No caminho, ao parar no sinal eles observaram uma imagem projetada, do carro que estava na frente. Será que eles estavam vendo alucinação!!!!!!” Explique esta história com uma visão física.**

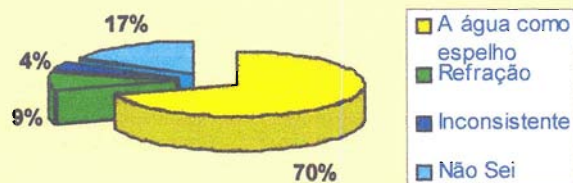
8ª Série - Ensino Fundamental



1ª Série - Ensino Médio

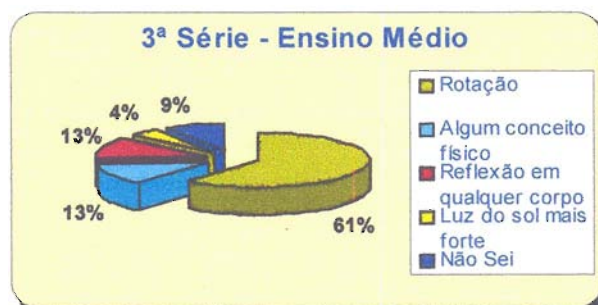
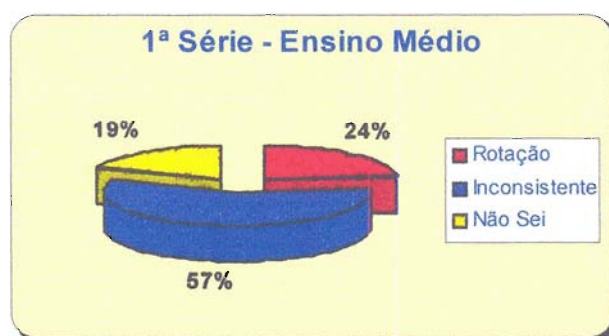
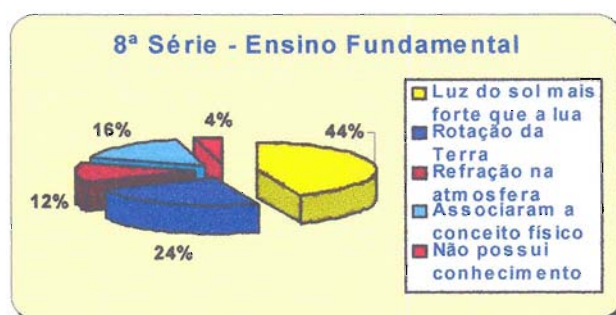


3ª Série - Ensino Médio

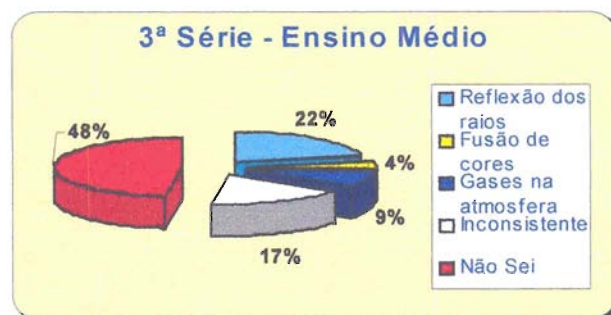
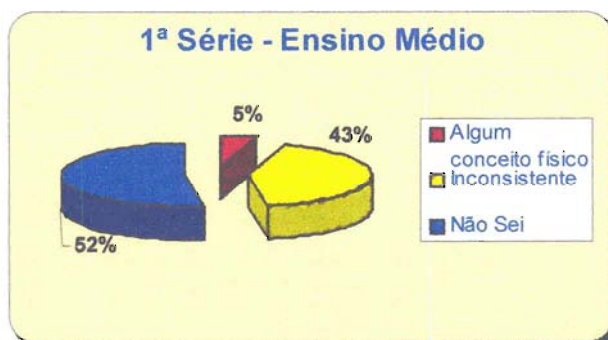
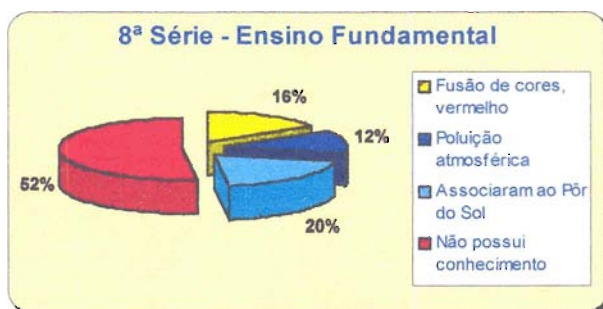




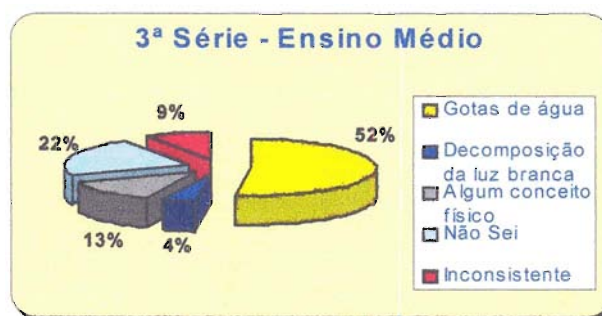
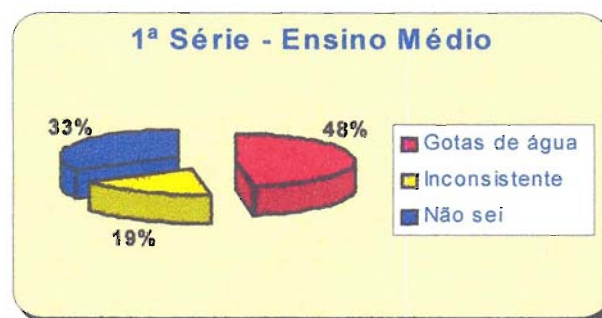
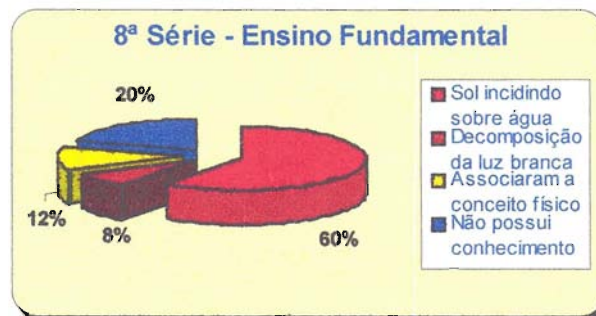
Pergunta 2- Porque vemos o céu claro durante o dia e escuro durante a noite?



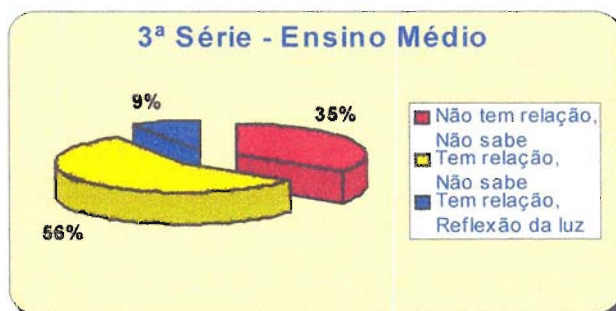
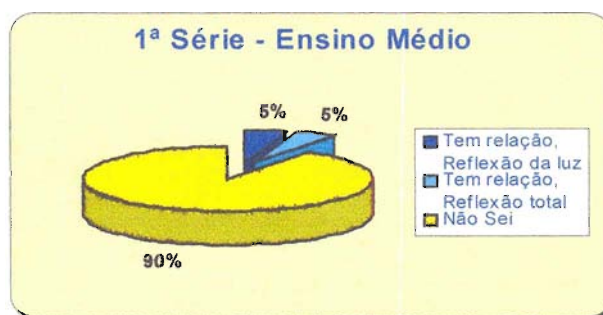
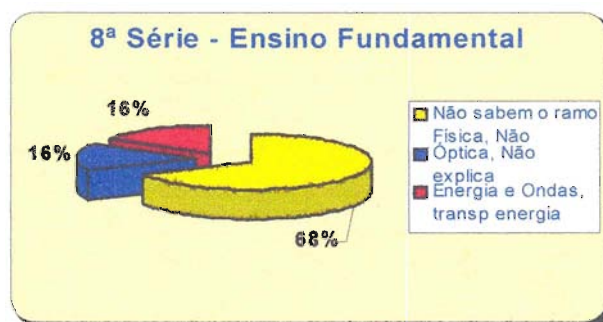
Pergunta 3- Porque ao cair da tarde o sol fica avermelhado?



**Pergunta 4- Explique como se dá a formação do arco-íris. Existe alguma relação com a física?**



**Pergunta 5- Atualmente, as informações têm sido aceleradas com a utilização das fibras ópticas. O seu mecanismo de funcionamento se relaciona a que campo da física? Você sabe como elas funcionam?**



### 3.1 – Mecânica:

#### 3.1.1 – Situações do Cotidiano:

- Na linguagem cotidiana é comum as pessoas confundirem massa com peso. Frequentemente ouvimos frases do tipo “**o meu peso é 60 quilogramas**”. Porém, **quilogramas** é unidade de massa, e não de peso. O Peso é uma força e, assim, deve ser medido em unidades de força: newton, dina ou qualquer outra.<sup>(1)</sup>
- Os aviões a hélice são impulsionados de um modo diferente dos aviões a jato. As hélices “empurram” o ar para trás e com isso o avião é impulsionado para frente (ação e reação).<sup>(1)</sup>
- Abandonamos uma maçã de um ponto situado um pouco acima da superfície da Terra. Sabemos que a Terra exerce sobre a maçã um força  $\vec{P}$ , que é o seu peso. Portanto pela Lei da Ação e Reação, a maçã deve exercer sobre a Terra uma força, que é a força  $-\vec{P}$  da figura. As forças  $\vec{P}$  e  $-\vec{P}$  têm o mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos. Isso significa que, à medida que a maçã desce, a Terra deve subir. Por que não percebemos essa subida da Terra?

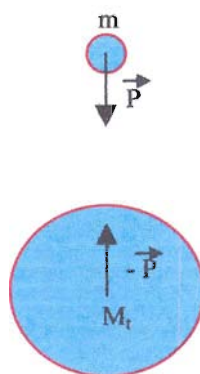


Figura 3.1

Não percebemos porque, embora as duas forças tenham a mesma intensidade, seus efeitos são diferentes, já que a maçã e a Terra têm massas diferentes. Sendo  $M_T$  e  $m$  as massas da Terra e da maçã, e  $a_T$  e  $a_M$  os módulos das respectivas acelerações, substituindo em  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ , temos:

$$a_T = (m / M_T) \cdot a_M$$

Acontece que a massa da Terra é muito maior que a massa da maçã. Assim, a razão  $(m_M / m_T)$  é muito pequena, isto é, a aceleração da Terra é muito pequena; tão pequena que não podemos percebê-la.<sup>(1)</sup>



- Num arco flexionado, há energia potencial elástica (de deformação) armazenada. No ato do disparo, essa energia é transferida para a flecha, que a assimila em forma de energia cinética. <sup>(2)</sup>
- Um atleta realiza um salto com vara. Num determinado instante de sua ascensão, ainda durante o contato com a vara envergada, a energia mecânica do sistema atleta-vara é composta de três parcelas: energia cinética, energia potencial gravitacional e energia elástica de deformação. <sup>(2)</sup>
- Parques aquáticos oferecem uma série de diversões radicais, como o tobo-água, em que as pessoas escorregam a partir de grandes alturas por uma canaleta dotada de ondulações. Devido aos atritos e à resistência do ar, ocorrem algumas dissipações de energia mecânica, mas se essas perdas pudessem ser desprezadas, teríamos um sistema mecânico conservativo em que os acréscimos de energia cinética ocorreriam à custa de iguais reduções de energia potencial. <sup>(2)</sup>

### 3.1- MECÂNICA:

#### 3.1.1.1 - Introdução à Dinâmica:

A Dinâmica é a parte da Mecânica que estuda os movimentos e suas causas. Em Dinâmica, forças são os agentes que produzem as variações de velocidade de um corpo, onde para medir tais grandezas utilizamos um aparelho chamado **Dinamômetro**.

#### Classes de Forças:

- Forças de contato: São forças que existem quando **duas** superfícies entram em contato.
- Forças de campo: São forças que os corpos exercem mutuamente ainda que estejam distantes um do outro. Chamamos **campo de forças**, a região do espaço onde essas forças atuam.

#### Principais Forças:

##### 1. Peso ( $\vec{P}$ ):

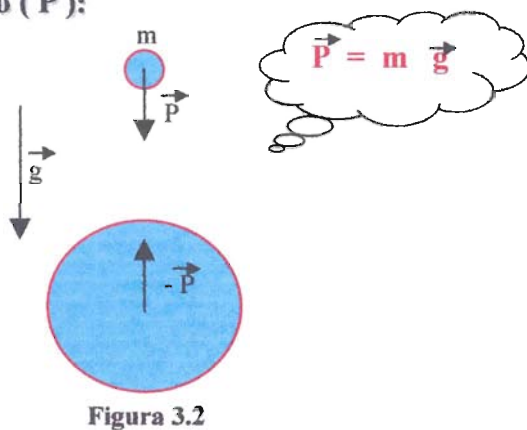


Figura 3.2

#### ***O quilograma-força (Kgf):***

É definido como a intensidade de força igual à intensidade do peso de um corpo cuja massa é 1 Kg, num local em que aceleração da gravidade tem seu valor normal ( $9,80665 \text{ m/s}^2$ ).

$$1 \text{ kgf} \approx 9,80665 \text{ N}$$

##### 2. Tração ou Tensão ( $\vec{T}$ ):

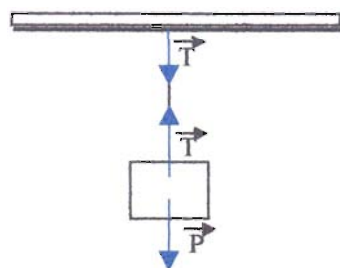


Figura 3.3



### 3. Reação Normal ao plano de apoio ( $\vec{N}$ ):

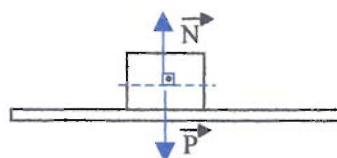


Figura 3.4

### 4. Força Elástica ( $\vec{F}_{el}$ ):

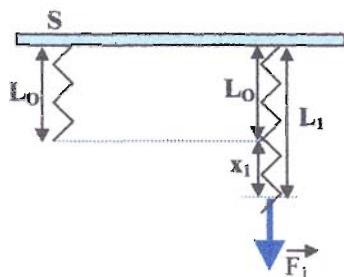


Figura 3.5

A mola, de comprimento  $L_0$ , tem uma extremidade fixada num suporte S. Aplicando-se à mola uma força  $F_1$ , de intensidade conhecida, a mola tem seu comprimento aumentado para  $L_1$ ; a diferença  $x_1$  entre  $L_1$  e  $L_0$  é a deformação sofrida pela mola:

$$x_1 = L_1 - L_0 = \text{deformação sob ação de } F_1$$

Aplicando à mola várias forças de intensidade diferentes, Hooke percebeu que, desde que a deformação  $x$  seja “pequena” em comparação com  $L_0$  (e esse “pequena” vai depender da mola usada), haverá uma proporcionalidade entre a força aplicada e a deformação produzida: <sup>(1)</sup>

$$F = K.x \quad \text{Lei de Hooke}$$

Onde a constante  $k$  terá um valor para cada mola e essa constante costuma ser chamada de constante de força da mola ou constante elástica da mola. Esse resultado é conhecido por Lei de Hooke.

### Leis de Newton:

#### 1ª Lei de Newton:

*Considere um corpo sobre o qual não atue força resultante alguma. Se o corpo está em repouso, ele permanece me repouso. Se o corpo está em movimento com velocidade constante, ele permanecerá assim indefinitivamente.* <sup>(3)</sup>

A primeira Lei de Newton é de fato uma afirmação sobre referenciais, pois ela define os tipos de referenciais nos quais as leis da mecânica newtoniana são válidas. Desse ponto de vista, a primeira lei pode ser expressa como:

*Se a força resultante sobre o corpo é nula, é possível encontrar referenciais nos quais aquele corpo não tenha aceleração.* <sup>(3)</sup>

A primeira Lei de Newton também é conhecida como lei da inércia e os referenciais que ela define são chamados de referenciais inerciais.

A figura abaixo mostra como podemos avaliar um determinado referencial para ver se ele é ou não inercial. Como vagão em repouso, marque a posição do pêndulo parado sobre a mesa. Com o vagão em movimento, o pêndulo somente permanece sobre a marca, se o vagão estiver se movendo em linha reta com velocidade constante. Se o vagão estiver aumentando ou diminuindo a velocidade ou estiver fazendo uma curva, o pêndulo se desloca da marca e o vagão é um referencial não-inercial.

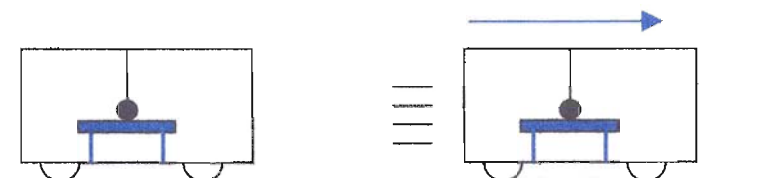


Figura 3.6

**Atenção:** Referenciais girantes não são referenciais inerciais. Rigorosamente falando, a Terra não é um referencial inercial, por causa da sua rotação. Todavia, exceto para os movimentos em grande escala como as correntes de vento e as correntes oceânicas, podemos admitir que a Terra seja, aproximadamente, um referencial inercial. <sup>(3)</sup>

#### 2ª Lei de Newton:

A primeira Lei de Newton nos informa o comportamento de um corpo na ausência de forças. Mas o que acontece quando um corpo está sob a ação de forças? Para responder a essa questão, Newton elaborou sua segunda lei. Por razões didáticas vamos apresentar, inicialmente, um enunciado simplificado dessa lei:

Sendo  $\vec{F}$  a resultante de todas as forças que atuam em um corpo, este deve ter uma aceleração  $\vec{a}$ , proporcional a  $\vec{F}$ , isto é:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Onde a constante de proporcionalidade  $m$  é a massa do corpo. <sup>(1)</sup>

Aspectos Importantes:

- A força resultante  $\vec{F}$  e a aceleração  $\vec{a}$  têm sempre a mesma direção e o mesmo sentido, uma vez que a massa  $m$  é uma grandeza positiva.
- Se a força resultante é nula ( $\vec{F} = 0$ ), a aceleração também é nula ( $\vec{a} = 0$ ). Mas sabemos que se, a aceleração vetorial é nula, o corpo deve estar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme; isto é, caímos no caso da Lei da Inércia. Tudo se passa como se não houvesse forças atuando no corpo.
- A aceleração  $\vec{a}$  que aparece na equação  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  é uma aceleração vetorial. Lembrando, que num movimento curvilíneo a aceleração vetorial é necessariamente não-nula ( $\vec{a} \neq 0$ ), concluímos que, nos movimentos curvilíneos, a força resultante é necessariamente não-nula ( $\vec{F} \neq 0$ ).

Unidades de força:

No sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de intensidade de força é o newton, cujo símbolo é N. Assim, temos

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$
$$1\text{N} = 1\text{Kg} \cdot 1\text{m/s}^2 = 1\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Portanto, se expressarmos a unidade newton em unidades de base do SI, teremos:

$$1\text{N} = 1\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

O sistema de unidades mais usado atualmente é o SI. No entanto, há algumas áreas da Física que, por razões práticas, usam o CGS, sigla formada pelas iniciais das três unidades básicas desses sistema: **centímetro**, **grama** e **segundo**. Nesse sistema, a unidade de intensidade de força é dina cujo símbolo é **dyn**, onde: <sup>(1)</sup>

$$1\text{N} = 10^5 \text{ dyn} \text{ ou } 1 \text{ dyn} = 10^{-5}\text{N}$$

### 3ª Lei de Newton:

*Se um corpo A exerce sobre um corpo B uma força  $F_{AB}$ , então o corpo B também exerce sobre o corpo A uma força  $F_{BA}$ , de modo que essas duas forças têm o mesmo módulo, a mesma direção e sentidos opostos, isto é: <sup>(1)</sup>*

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

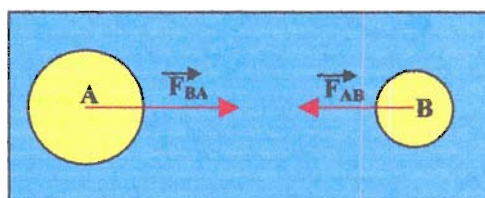


Figura 3.7

Portanto, de acordo com Newton, as forças aparecem sempre aos pares; elas são interações entre corpos. Newton chamou essas forças, que compõem o par, de ação e reação; por isso sua terceira lei é conhecida pelo nome de Lei da Ação e Reação. Porém, qualquer das forças que compõem o par pode ser chamada de ação ou reação, pois, no entender de Newton, essas forças aparecem simultaneamente.

#### Aspectos Importantes:

- As forças de ação e reação agem sobre corpos distintos e, portanto, não se cancelam.
- O fato de a ação e a reação terem o mesmo módulo não significa que elas terão o mesmo efeito, isto é, não significa que necessariamente produzirão a mesma aceleração, pois a aceleração de cada corpo vai depender de sua massa (de acordo com a segunda lei).

#### Exemplos de ação e reação:

##### 1- Ações entre a Terra e os corpos:

A Terra atrai um corpo com uma força que é o peso  $\vec{P}$  do corpo (ação). Pelo princípio da Ação e Reação, o corpo atrai a Terra com uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário  $-\vec{P}$  (reação), aplicada no centro da Terra. Portanto, a reação do peso de um corpo é uma força aplicada no centro da Terra. <sup>(4)</sup>

## 2- Pessoa andando:

Ao andar, o pé empurra o chão com uma força  $\vec{F}$  para trás; pelo princípio da Ação e Reação, o chão aplica no pé uma força  $-\vec{F}$  de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto (portanto, para a frente). Essas forças advêm das irregularidades das superfícies em contato e são denominadas forças de atrito. Numa superfície perfeitamente lisa, não conseguiríamos andar.<sup>(4)</sup>

## 3- Interessante para sala de aula:

Em 1920, um prestigioso jornal norte-americano, The New York Times, publicou um editorial ridicularizando o físico R. H. Goddard, que havia escrito um artigo afirmando ser possível um foguete se mover no vácuo e até chegar à Lua. Segundo o jornal, “.. o professor Goddard não conhece a relação entre a ação e a reação, e a necessidade de existir algo melhor que um vácuo contra o que reagir” – Quem estava certo: o jornal ou o professor Goddard?

*Resposta:*

Obviamente, quem está certo era o professor Goddard. A afirmação do jornal tinha como origem um engano comum ainda hoje, que é o de se imaginar que para o foguete movimentar-se é necessário que os gases ejetados “batam” em alguma coisa (para o jornal essa coisa era o ar).

Na realidade, o foguete move-se com mais facilidade no vácuo, pois aí não existe o ar para “atrapalhar” o seu movimento.

Em 1969, quando os astronautas norte-americanos realizaram o primeiro pouso na Lua, o mesmo jornal publicou a retratação:

*Recentes investigações e experimentos confirmaram as teorias de Isaac Newton formuladas no século XVII, e agora está definitivamente provado que um foguete pode funcionar no vácuo tão bem quanto na atmosfera. O Times lamenta o seu erro.<sup>(1)</sup>*

**5- Força de Atrito:**

Considere um corpo de peso  $\vec{P}$  em repouso sobre uma superfície horizontal. Vamos aplicar, ao corpo, uma força  $\vec{F}$  que tende a deslocá-lo na direção horizontal (figura 3.8).

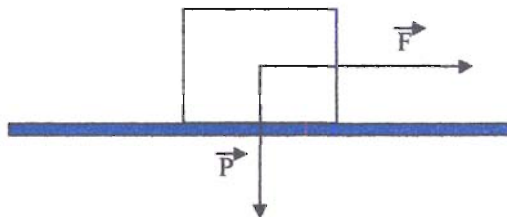


Figura 3.8



As superfícies em contato apresentam rugosidades que se opõem ao deslocamento do corpo (figura 3.9).

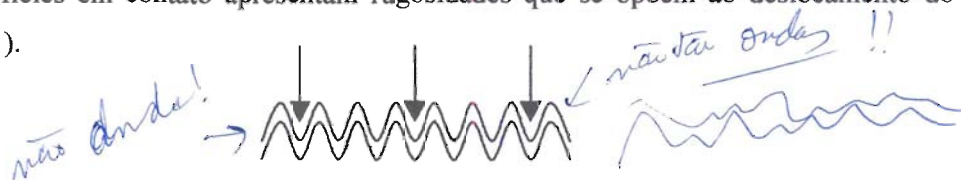


Figura 3.9

As forças que agem no corpo, provenientes da superfície, têm uma resultante  $\vec{F}_R$  que pode ser decomposta em duas forças componentes  $\vec{N}$  e  $\vec{F}_{AT}$  (figura 3.10).  $\vec{N}$  é a reação normal à superfície e equilibra o peso  $\vec{P}$ .

$\vec{F}_{AT}$  é denominada força de atrito. Seu sentido é contrário ao movimento ou a “tendência” de movimento do corpo em relação à superfície.

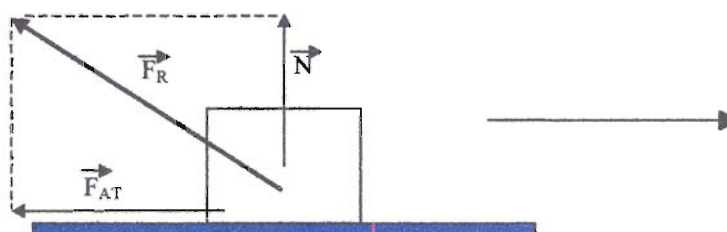


Figura 3.10

O atrito é denominado estático quando não há movimento do corpo em relação à superfície. Havendo movimento, o atrito é chamado dinâmico ou cinético.

Aumentando-se gradativamente a intensidade da força  $\vec{F}$ , a partir do zero, verifica-se que, inicialmente, o corpo permanece em repouso, pois a intensidade da força de atrito aumenta juntamente com a intensidade de  $\vec{F}$ . Para um determinado valor de  $\vec{F}$  o corpo fica na iminência de movimento. A força de atrito apresenta intensidade máxima e é chamada **força de atrito estático máxima**  $\vec{F}_{ATe}$ . Para iniciar o movimento, a intensidade da força  $\vec{F}$  deve ser superior à intensidade da força de atrito estática máxima. Uma vez iniciado o movimento, a força de atrito passa a ter intensidade constante sendo denominada **força de atrito cinético**  $\vec{F}_{ATc}$ . A intensidade da força de atrito cinético é ligeiramente menor que a força de atrito estático máxima.

## Leis de atrito:

A força de atrito estático máxima e a força de atrito cinético têm intensidades diretamente proporcionais à intensidade da força normal de compressão entre os corpos que se atritam.

$$\begin{aligned}\vec{F}_{ATe} &= \mu_e \cdot \vec{N} \\ \vec{F}_{ATc} &= \mu_c \cdot \vec{N}\end{aligned}$$

Onde, os coeficientes de proporcionalidade  $\mu_e$  e  $\mu_c$  são denominados coeficientes de atrito estático e cinético respectivamente. O  $\mu_e$  e  $\mu_c$  dependem da natureza dos corpos em contato, do estado de polimento e lubrificação.

Sendo  $F_{ATc} < F_{ATe}$  resulta  $\mu_e > \mu_c$ . Em geral os valores de  $\mu_e$  e  $\mu_c$  são muito próximos. Na maioria dos casos pode-se considerar  $\mu_e = \mu_c$  e indicar simplesmente  $\mu$ .

Considerando  $\mu_e = \mu_c = \mu$ , podemos resumir a análise feita da seguinte maneira:

- **Corpo em repouso:**  $F_{AT}$  varia de zero a  $\mu \cdot N$  ( $\mu \cdot N$  corresponde a iminência do movimento).
- **Corpo em movimento:**  $F_{AT}$  é constante e igual a  $\mu \cdot N$ .

Na figura abaixo daremos um exemplo de como a força de atrito pode ser útil.

Pisando no acelerador, as rodas de tração (na figura as rodas dianteiras) começam a girar, empurrando o chão para trás. Em virtude do atrito, o chão reage sobre a roda, empurrando o carro para frente. Logo, é graças ao atrito que um carro se movimenta.<sup>(1)</sup>

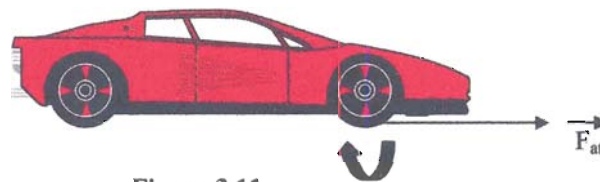


Figura 3.11

### Força de resistência do ar:

Para o movimento de um corpo em contato com o ar (como a queda vertical, o movimento de um carro ou de um avião) em velocidade  $v$  usuais, a força de resistência do ar tem intensidade  $F_a$  dada por:

$$F_a = K \cdot v^2$$

onde  $K$  é uma constante que depende da forma do corpo e da maior área da secção transversal do corpo, perpendicular à direção do movimento. As formas aerodinâmicas dos carros diminuem o



valor de  $K$  e atenuam a resistência do ar. A forma do pára-quedas aumenta o valor de  $K$  e a força de resistência do ar atenua a queda. <sup>(5)</sup>

### Resultante centrípeta e tangencial:

Analisando a cinemática vetorial aprenderemos que a aceleração  $\vec{a}$  de um ponto material pode ser decomposta em duas componentes: aceleração tangencial  $\vec{a}_t$  e aceleração centrípeta  $\vec{a}_{cp}$ .

O Princípio Fundamental da Dinâmica estabelece que, para produzir uma aceleração  $\vec{a}$  num ponto material, deve ser aplicada nesse ponto uma força resultante  $\vec{F}$  tal que  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ .

Nessas condições, se um ponto material descreve uma curva, existe aceleração centrípeta e, portanto, existem forças com componentes normais à trajetória. A resultante das forças componentes normais à trajetória recebe o nome de resultante centrípeta ou força centrípeta  $\vec{F}_c$ . <sup>(4)</sup>

Se o módulo da velocidade de um ponto material varia, existe aceleração tangencial e, portanto, forças com componentes tangentes à trajetória. A resultante destas forças componentes recebe o nome de resultante tangencial ou força tangencial  $\vec{F}_t$ . <sup>(4)</sup>

$$\vec{F}_c = m \cdot v^2/R$$

$$\vec{F}_t = m \cdot \vec{\alpha}$$

A resultante de todas as forças será  $\vec{F} = \vec{F}_c + \vec{F}_t$

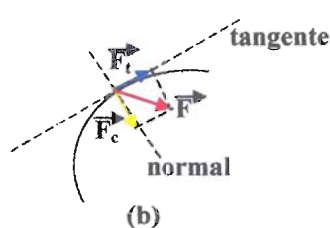
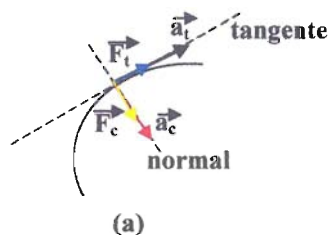
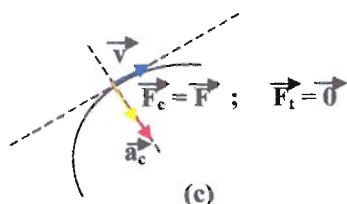


Figura 3.12

No caso particular em que o movimento curvilíneo é uniforme, a resultante tangencial é nula, pois o módulo da velocidade não varia. A resultante de todas as forças é a resultante centrípeta. <sup>(4)</sup>



*As componentes tangencial e centrípeta nos principais movimentos:* <sup>(2)</sup>

- Movimento retilíneo e uniforme:  
Pelo fato de o movimento ser uniforme:  $|\vec{v}| = \text{constante} \neq 0 \Rightarrow \vec{F}_t = \vec{0}$   
Pelo fato de ser retilíneo:  $\vec{v}$  tem direção constante  $\Rightarrow \vec{F}_{cp} = \vec{0}$   
A resultante total é nula.
- Movimento retilíneo e variado:  
Pelo fato de o movimento ser variado:  $|\vec{v}|$  é variável  $\Rightarrow \vec{F}_t \neq \vec{0}$   
Pelo fato de ser retilíneo:  $\vec{v}$  tem direção constante  $\Rightarrow \vec{F}_{cp} = \vec{0}$   
A resultante total é tangencial.
- Movimento circular e uniforme:  
Pelo fato de o movimento ser uniforme:  $|\vec{v}| = \text{constante} \neq 0 \Rightarrow \vec{F}_t = \vec{0}$   
Pelo fato de ser circular:  $\vec{v}$  tem direção variável  $\Rightarrow \vec{F}_{cp} \neq \vec{0}$   
A resultante total é centrípeta
- Movimento curvilíneo variado  
Pelo fato de o movimento ser variado:  $|\vec{v}|$  é variável  $\Rightarrow \vec{F}_t \neq \vec{0}$   
Pelo fato de ser curvilíneo:  $\vec{v}$  tem direção variável  $\Rightarrow \vec{F}_{cp} \neq \vec{0}$   
A resultante total admite duas componentes: a tangencial e a centrípeta.

Uma situação que vale pena comentar, é o movimento dos planetas ao redor do Sol, ou da Lua em torno da Terra. Os planetas são mantidos em suas órbitas em torno do sol pela força com que o Sol os atrai. Da mesma maneira, a Lua se mantém girando em torno da Terra pela força com que é atraída pela Terra, de acordo com a figura abaixo. Por que, então, a Lua não cai sobre a Terra e os planetas não caem sobre o Sol? A resposta a essa pergunta centra-se no início do movimento. <sup>(1)</sup>

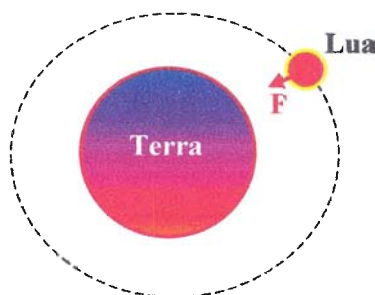


Figura 3.13

Antes, porém, de considerar a Lua e os planetas, vamos pensar numa situação: a colocação de um satélite artificial em órbita ao redor da Terra. O foguete carregando o satélite é lançado da Terra e vai mudando a direção de seu movimento até atingir a altitude prevista. A partir daí, o foguete é orientado de modo que seu eixo fique perpendicular à força que a Terra exerce no foguete, isto é, o seu peso  $\vec{P}$ . Nesse momento o satélite é lançado e o restante do foguete cai em direção à Terra (ele é destruído ao atingir a atmosfera terrestre devido ao forte calor gerado). Portanto, no momento em que o satélite é colocado em órbita, não está em repouso e sua velocidade tem direção perpendicular à força de atração da Terra, o que garante o movimento circular. A cada instante, por *inércia*, a tendência do satélite é escapar pela tangente à trajetória, mas não o faz porque de atração da Terra vai mudando continuamente a direção da velocidade. Se, por um acidente qualquer, a velocidade do satélite em relação à Terra se anulasse, ele cairia sobre a Terra como cai qualquer objeto que deixamos cair próximo à superfície da terrestre. É importante ressaltar que, no momento em que o satélite é colocado em órbita, veremos que, existe para uma determinada altitude, um valor de velocidade para que seja possível o movimento circular. <sup>(1)</sup>

### 3.1.1.2 – Energia:

A Energia desempenha um papel essencial em todos os setores da vida e é <sup>a</sup> (uma das) grandezas mais importantes da Física.

O sol, a água, o vento, o petróleo e o carvão são fontes que suprem boa parte do consumo atual de energia do mundo, mas, à medida que a população do planeta cresce e os itens de conforto do homem se multiplicam, aumentam também a demanda por energia, exigindo novas alternativas e técnicas de obtenção. <sup>(2)</sup>

A energia é uma grandeza única, mas, dependendo de como se manifesta, recebe diferentes denominações: <sup>(2)</sup>

- Energia térmica
- Energia luminosa
- Energia elétrica
- Energia química
- Energia mecânica
- Energia atômica (etc.)

Uma lâmpada incandescente, por exemplo, transforma energia elétrica em energia térmica. Seu filamento se aquece a tal ponto que se torna rubro, transformando parte da energia térmica proveniente da corrente elétrica em energia luminosa.

Nosso objetivo neste tópico é estudar a **Energia Mecânica**, geralmente associada aos corpos em movimento e aos que podem entrar em movimento.

A energia, da mesma forma que o trabalho, é uma grandeza de natureza escalar, por isso não lhe são atribuídos direção e sentido.

### • Bomba Atômica

Ne explosão de uma bomba atômica, várias formas de energia estão presentes. A energia nuclear desprendida é transformada principalmente em energia mecânica, energia térmica e energia radiante (luz visível e os raios  $\gamma$ , que são responsáveis pela degeneração celular nos seres vivos). Considerando o Princípio da Conservação da Energia, podemos afirmar que a soma de todas as modalidades de energia liberada pela bomba no ato da explosão é igual à energia inicial potencializada no artefato.<sup>(2)</sup>

### Unidades de energia:

As unidades de energia são as mesmas de trabalho. Recordando, no SI:

$$\text{unid (energia)} = \text{unid (trabalho)} = \text{joule (J)}^{(2)}$$

Entretanto, há outras unidades de energia que, embora não pertençam a nenhum sistema oficial, foram consagradas pelo uso. Temos, por exemplo:

- Calorias (cal) :  $1 \text{ cal} \cong 4,19 \text{ J}$
- Quilowatt-hora (KWh) :  $1 \text{ KWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$
- Elétron-volt (eV) :  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

### Energia cinética:

Considere a figura seguinte, em que um corpo de massa  $m$  encontra-se em repouso no ponto A do plano horizontal. Uma pessoa empurra o corpo, aplicando-lhe a força  $\vec{F}$  indicada, constante e paralela ao plano de apoio, e o corpo se desloca com uma velocidade  $\vec{v}$ .

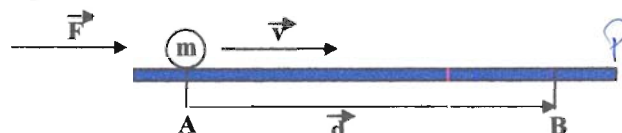


Figura 3.14



Por estar em movimento, dizemos que o corpo está com energia e, nesse caso, apresenta o que chamamos de **energia cinética** ( $E_c$ ).

A energia cinética é definida, como:

$$E_c = m v^2 / 2$$



Notas:

- A energia cinética é uma grandeza relativa, pois é função da velocidade, que depende do referencial. Assim, um único corpo pode ter, ao mesmo tempo, energia cinética nula para um referencial e não-nula para outro.<sup>(2)</sup>
- A energia cinética ( $E_c$ ) de uma partícula é proporcional ao quadrado de sua velocidade escalar ( $v$ ). Como vemos graficamente,<sup>(2)</sup>

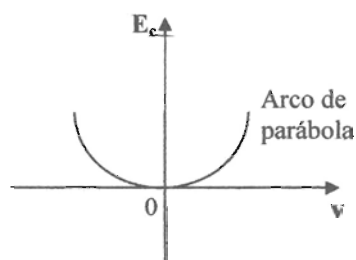


Figura 3.15

### Energia potencial:

É uma forma de energia latente, isto é, está sempre prestes a se converter em outra energia cinética. Na Mecânica, há duas modalidades de energia potencial:<sup>(2)</sup>

- Energia potencial de gravidade; ?
- Energia potencial elástica.

### *Energia potencial de gravidade ( $E_p$ ):*

É função da posição de um corpo num campo gravitacional (por exemplo, o terrestre) e depende da intensidade do peso do corpo no local onde se encontra e, sua altura em relação a um plano horizontal de referência.

Considere a situação da figura seguinte, em que um corpo de massa  $m$  é erguido da posição A à posição B. Seja  $h$  a altura de B em relação ao nível horizontal da posição A e  $g$  o módulo da aceleração da gravidade:

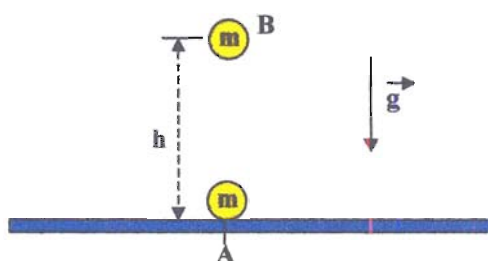


Figura 3.16

Pelo fato de ocupar a posição B, dizemos que o corpo está energizado, apresentando, em relação ao nível da posição A, **energia potencial gravitacional** ( $E_p$ ).

Assim, escrevemos a energia potencial gravitacional, como:

$$E_p = Ph = mgh$$

Devemos destacar que a energia potencial gravitacional deve ser definida em relação a um bem-determinado plano horizontal de referência (PHR), a partir do qual são medidas as alturas. Um mesmo corpo pode ter energia potencial gravitacional positiva, nula ou negativa, dependendo do PHR adotado.<sup>(2)</sup>

Vejamos a seguir a representação gráfica da variação de  $E_p$  em função de  $h$ .

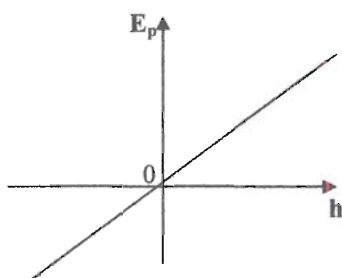


Figura 3.17

Notas:

- Se a energia potencial gravitacional de um corpo vale  $(-mgh)$ , deve-se realizar sobre ele um trabalho equivalente a  $(+mgh)$  para que chegue ao nível zero de energia potencial, isto é, ao PHR adotado.<sup>(2)</sup>
- A variação de energia potencial de gravidade ( $\Delta E_p$ ) é a diferença entre as energias potenciais finais ( $E_{pf}$ ) e inicial ( $E_{pi}$ ).  $\Rightarrow \Delta E_p = E_{pf} - E_{pi}$ .<sup>(2)</sup>

Se o centro de massa de um corpo sobe então,  $E_{pf} > E_{pi}$  e  $\Delta E_p > 0$ .

Se o centro de massa de um corpo desce então,  $E_{pf} < E_{pi}$  e  $\Delta E_p < 0$ .

$\Delta E_p$  independe do PHR adotado.

### Energia potencial elástica ( $E_e$ ):

É a forma de energia que encontramos armazenada em sistemas elásticos deformados. É o caso, por exemplo, de uma mola alongada ou comprimida ou uma tira de borracha alongada.

Vamos analisar o caso da figura abaixo, em que temos uma mola de constante elástica  $K$ , fixa na parede e inicialmente livre de deformações. Um operador puxa a extremidade livre da mola, alongando-a de modo a sofrer uma deformação  $\Delta x$ , tal que  $\Delta x = x - x_0$ . Por estar deformada, dizemos que a mola está com energia, tendo armazenada em si **energia potencial elástica** ( $E_e$ ).<sup>(2)</sup>

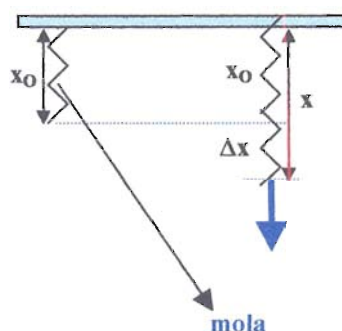


Figura 3.18

Assim, escrevemos a energia potencial elástica, como:

$$E_e = K (\Delta x)^2 / 2$$

Nota:

- A energia potencial elástica ( $E_e$ ) é exclusivamente **positiva**; é diretamente proporcional ao quadrado da deformação ( $\Delta x$ ). assim, o gráfico  $E_e$  versus  $\Delta x$  será um arco de parábola, como representamos abaixo.<sup>(2)</sup>

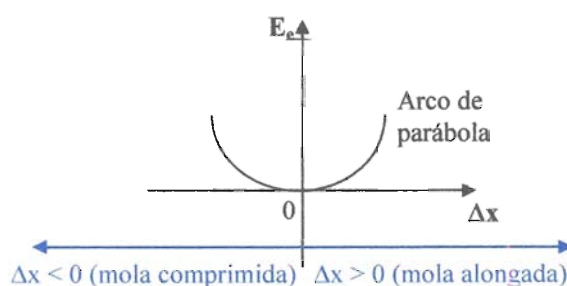


Figura 3.19

### Energia mecânica ( $E_m$ ):

Calculamos a energia mecânica ( $E_m$ ) de um sistema adicionando a energia cinética à energia potencial, que pode ser de gravidade ou elástica:<sup>(2)</sup>

$$E_m = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}}$$

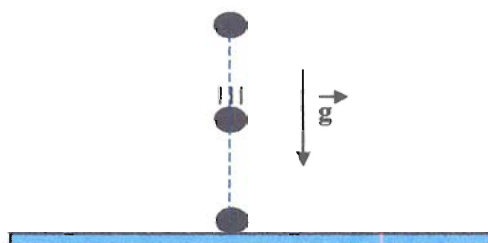
**Sistema mecânico conservativo:**

**Sistema mecânico conservativo** é todo aquele em que as forças que realizam trabalho transformam **exclusivamente** energia potencial (de gravidade ou elástica) em energia cinética e vice-versa. É o que ocorre com as forças de gravidade, elástica e eletrostática que, por sua vez, são denominadas **forças conservativas**.<sup>(2)</sup>

As forças de atrito, de resistência viscosa – exercidas pelos líquidos em corpos movendo-se em seu interior – e de resistência do ar transformam **energia mecânica** em outras formas de energia, principalmente térmica. Essas forças são denominadas **forças dissipativas**.<sup>(2)</sup>

Podemos dizer, então, que um sistema mecânico só é conservativo quando o trabalho é realizado **exclusivamente por forças conservativas**. Como, por exemplo:

*Um corpo descreve movimento vertical sob a ação exclusiva do campo gravitacional terrestre:*



**Figura 3.20**

Neste caso, a **única força que realiza trabalho sobre o corpo é a da gravidade, que é uma força conservativa**.<sup>(2)</sup>

Trata-se de uma aplicação particular do Princípio da Conservação da Energia em sistemas mecânicos. Seu enunciado é:

Num sistema mecânico conservativo, a energia mecânica total é sempre constante.<sup>(2)</sup>

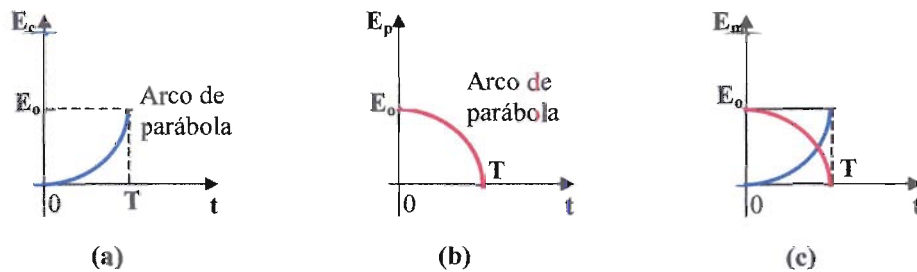
$$E_m = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}} = \text{constante}$$

Concluimos, então, que qualquer aumento de energia cinética observado nesse sistema ocorre a partir de uma redução igual de energia potencial (gravitacional ou elástica) e vice-versa.



Admita que um corpo tenha iniciado sua queda livre no instante  $t_0 = 0$ , a partir do repouso. Considere  $T$  o tempo de queda até o solo (altura zero) e  $E_0$ , a energia mecânica inicial.

Os gráficos das energias cinética, potencial de gravidade e mecânica, em função do tempo, estão traçados a seguir: <sup>(2)</sup>



$$E_m = E_c + E_p$$

Figura 3.21

### 3.1.1.3 - Gravitação:

#### Lei da Gravitação Universal:

A 1ª lei de Kepler descreveu geometricamente os movimentos, mas faltava explicar por que os planetas se moviam daquela maneira.

Newton mostrou que todos os movimentos de planetas, satélites, cometas, etc. poderiam ser explicados supondo o seguinte:

*Entre duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$  existe um par de forças de atração cuja intensidade é diretamente proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância  $d$  entre elas* <sup>(9)</sup>

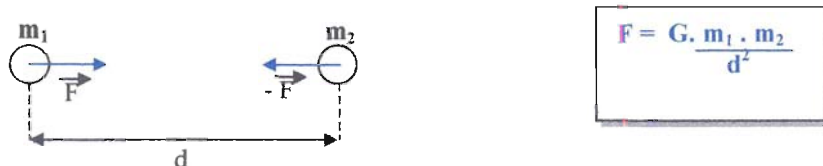


Figura 3.22

A constante de proporcionalidade  $G$  deve ser obtida experimentalmente, e seu valor no SI é:

$$G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

### Corpos em órbitas circulares:

Vamos considerar um caso de dois corpos de massas  $M$  e  $m$  tais que  $M \gg m$  ( $M$  é muito maior que  $m$ ). É o caso, por exemplo, do Sol e um planeta ou de um planeta e um satélite. Desse modo, é possível que o corpo de massa  $m$  gire em órbita aproximadamente circular em torno do corpo de massa  $M$ , conforme a figura abaixo, isto é, a força  $-\vec{F}$  tem efeito pequeno comparado com o efeito de  $\vec{F}$ . A força  $\vec{F}$  é uma força centrípeta, e assim calculamos a intensidade da velocidade de translação, a partir da Lei da Gravitação Universal.

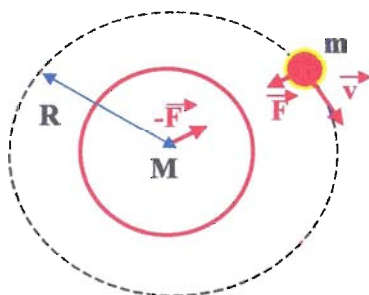


Figura 3.23

$$v = (G.M/R)^{1/2}$$

### Imponderabilidade:

Como podemos observar na equação acima, a velocidade não depende da massa  $m$  do corpo que está girando; depende apenas da massa do corpo central ( $M$ ) e do raio da órbita ( $R$ ). Portanto, qualquer corpo que gire na órbita do raio  $R$  terá a mesma velocidade  $v$  (desde que sua massa seja muito menor que a massa  $M$  do corpo central). É isso que dá a sensação de ausência de peso para um astronauta que está dentro de uma nave espacial. Tanto faz o astronauta estar dentro ou fora da nave: sua velocidade será a mesma; ele terá a sensação de flutuar e os corpos dentro da nave também parecerão flutuar. Se o astronauta soltar uma maçã, ela não “cairá”: parecerá flutuar, pois a maçã estará girando junto com o astronauta e a nave, todos com a mesma velocidade. Esse efeito é chamado de **imponderabilidade**.<sup>(9)</sup>

### Aceleração da gravidade e campo gravitacional:

Inicialmente vamos supor que a Terra seja rigorosamente esférica, sua massa esteja distribuída de modo simétrico e que não tenha movimento de rotação.<sup>(9)</sup>

Vamos considerar um corpo de massa  $m$  e dimensões desprezadas colocado a uma distância  $d$  do centro da Terra. Comparando a intensidade da força que a Terra exerce no corpo (Lei da Gravitação Universal) com a força que é o peso do corpo, determinamos a aceleração da gravidade.

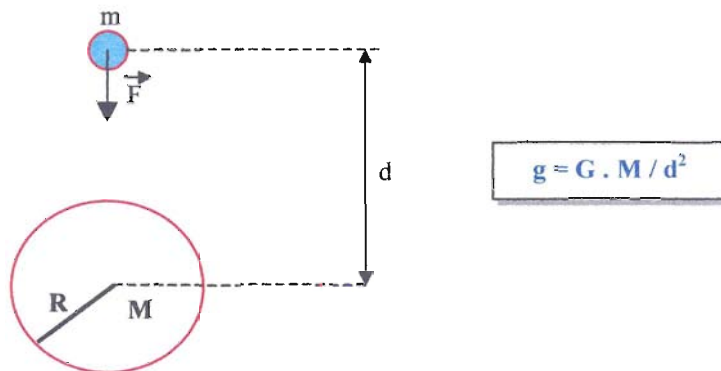


Figura 3.24

Quando consideramos a Terra esférica, sem rotação, com massa distribuída simetricamente, o gráfico de  $g$  em função da distância ao centro da Terra tem o seguinte aspecto.<sup>(9)</sup>

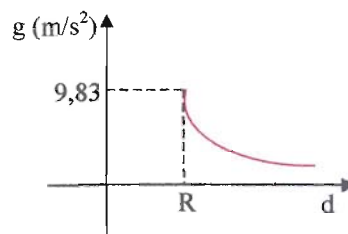


Figura 3.25

Acontece, porém, que a Terra não é perfeitamente esférica; ela é achatada nos pólos. Além disso, ela não é um corpo homogêneo (a densidade da crosta é aproximadamente  $2,5 \text{ g/cm}^3$ , enquanto no seu interior há regiões em que a densidade chega a  $15 \text{ g/cm}^3$ ). Isso faz com que a aceleração da gravidade seja maior nos pólos que no equador.<sup>(9)</sup>

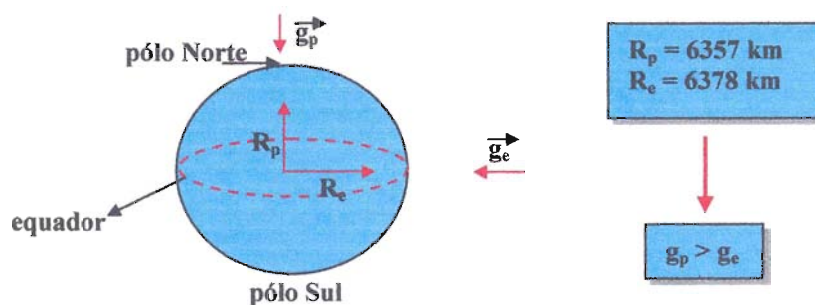


Figura 3.26

#### • Influência da rotação:

Suponhamos novamente que a Terra seja esférica, homogênea e que não tenha movimento de rotação. Nesse caso, a aceleração da gravidade teria o mesmo valor de  $g_0$  em qualquer ponto próximo da superfície da Terra (figura 3.27). Consideremos agora a Terra

girando com velocidade angular  $\omega$ , figura 3.28; de modo, ela passa a ser um referencial não inercial. Para nós, que estamos fixos na Terra, aparecerá uma aceleração **centrífuga** em cada ponto, dada por:

$$a_{cf} = \omega^2 \cdot R$$

onde  $R$  é o raio da trajetória e  $\omega$  a velocidade angular de rotação.<sup>(9)</sup>

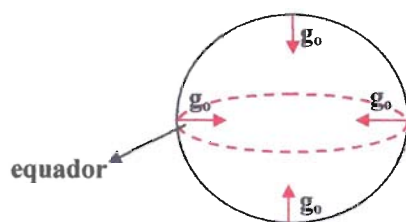


Figura 3.27

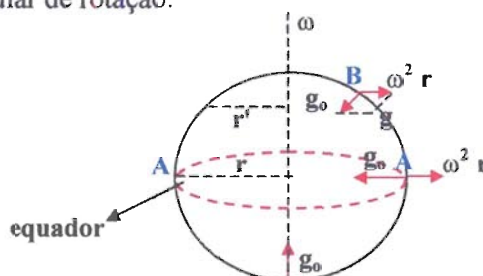
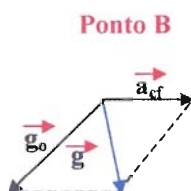
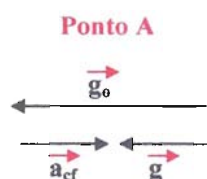


Figura 3.28



Ponto C

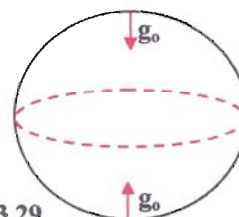


Figura 3.29

Assim, quando fazemos um experimento qualquer para obter o valor da aceleração da gravidade, o que obtemos é a resultante  $\vec{g}$  entre  $\vec{g}_0$  e  $\vec{g}_{cf}$ :

$$\vec{g} = \vec{g}_0 + \vec{g}_{cf}$$

Na figura 3.28, o ponto A tem trajetória cujo raio é o próprio raio da Terra; já o ponto B tem trajetória de raio  $r'$ . Nos pólos não há influência da rotação da Terra. Neles a gravidade medida é  $g_0$ . Desse modo, temos dois motivos para que a aceleração da gravidade (medida) seja maior nos pólos que no equador: a rotação e o achatamento da Terra.<sup>(9)</sup>

Depois dessas considerações, torna-se necessário fazer uma pequena alteração na nossa linguagem:

- A aceleração dada pela equação  $g_0 = G \cdot M/d^2$  é resultado apenas da força de atração gravitacional, e ela é produzida pelo campo gravitacional.



- O valor medido ( $g$ ) que leva em conta a rotação da Terra, é denominado **aceleração da gravidade**, na tabela abaixo mostramos diversos valores para  $g$  em diferentes latitudes, ao nível do mar.

Latitude	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
0°	9,78039
10°	9,78195
20°	9,78641
30°	9,79329
40°	9,80171
45°	9,80665
50°	9,81071
60°	9,81918
70°	9,82608
80°	9,83059
90°	9,83217

Tabela 3.1

### 3.1.1.4 – Parte Experimental:

As experiências 1, 2 e 3 desta parte do trabalho foram apresentadas na XXIV Jornada de Iniciação Científica e XIV Jornada de Iniciação Artística e Cultural<sup>(22)</sup>.

#### Experiência 1- Força de resistência do ar em diferentes materiais

- **Objetivo:** Estudo da força de resistência do ar. **Mostrar** que a força de atrito do ar sobre o corpo em queda é proporcional a velocidade do corpo e a sua área de contato.
- **Material:** Duas embalagens vazias de Kinder Ovo, uma bola de gude (aproximadamente 2 cm de diâmetro) e uma pena.
- **Procedimento:** Coloque em uma embalagem de Kinder Ovo a bola de gude e na outra a pena. Deixe cair as duas embalagens da mesma altura e ao mesmo tempo. O que você observa?

Agora abra as embalagens e deixe cair a pena e a bola de gude da mesma altura e ao mesmo tempo. O que você observa? O que você pode concluir?

Experiência 2 - Pára-quedas

- **Objetivo:** Estudo da força de resistência do ar. Mostrar que a força de atrito do ar sobre o corpo é proporcional a sua velocidade e a sua área de contato.
- **Material:** Uma caixa de fósforo vazia e um pára-quedas.
- **Procedimento:** Deixe cair a caixa de fósforo com o pára-quedas dentro. Depois deixe cair com o pára-quedas aberto. O que você observa de diferente nas duas situações? O que você pode concluir?

Experiência 3 - Bricandaria de criança

- **Objetivo :** Estudo da força de resistência do ar. Mostrar que para um movimento vertical, o tempo de descida é diferente do tempo de subida devido a esta força.
- **Material:** Uma bola grande e leve ( bolão de criança que geralmente é vendido em parques, aproximadamente 60 cm de diâmetro) e um relógio ou cronômetro.
- **Procedimento:** Serão necessárias no mínimo duas pessoas para fazer esta experiência. Uma jogará a bola e a outra medirá o tempo. A pessoa que está com a bola a jogará para cima e voltará a pegá-la fazendo um lançamento vertical. A outra pessoa começará a medir o tempo quando a bola sair da mão do lançador e terminará quando o mesmo voltar a pegar a bola. Serão medidos o tempo de subida e o tempo total (subida e descida). Qual foi o tempo de subida? Qual foi o tempo de descida? O que você pode concluir?



## “Simulações em computador”

### Simulação 1- Conservação da energia mecânica

#### Objetivos:

1. Mostrar aos alunos como funciona a transformação da energia cinética em potencial e vice-versa.
2. Mostrar também conversão da energia mecânica.
3. Visualização gráfico de barras.

#### Software:

- **Modellus** - versão: 1.11 (Tamanho: 756 K)

#### Configuração mínima:

486 DX2, com 8 Mb de RAM

3 Mb espaço em disco

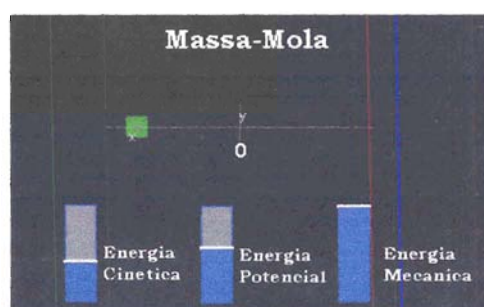


Figura 3.30

#### Procedimento:

**1º Passo:** Ao abrir o Modellus, na janela **modelo**, digitar a seguinte linha de comando:

$$\begin{aligned}dx/dt &= v \\ dv/dt &= -kx \\ K &= 1/2 m v^2 \\ U &= k x^2 / 2 \\ E &= 1/2 m v^2 + k x^2 / 2\end{aligned}$$

**2º Passo:** Apertar o botão **Interpretar**, aparecerá a janela condições, digite os seguintes valores.

$$\begin{aligned}k &= 0.2 \\ m &= 1 \\ x &= 100 \\ v &= 0\end{aligned}$$

**3º Passo:** Basta ir ao ícone **Janelas, Animação** para construir as barras.

3.1-Na janela animação aperte o 3º botão da esquerda para direita (botão **barra**), irá abrir uma janela pedindo para que você escolha uma variável, escolha  $E_c$ ,  $E_p$ ,  $E_{mec}$ . Uma por vez, para finalizar esta tarefa pressione OK

3.2 Para escrever os respectivos nomes, estando nesta janela ainda pressione o botão **texto**.

3.3 Para desenhar o objeto, aperte o 1º botão da esquerda para direita (botão **objecto**), não esqueça de indicar as variáveis  $x$  e  $y$ , nesta janela, para finalizar pressione OK.

3.4 Para desenhar a linha basta pressionar o botão, aperte o 5º botão da esquerda para direita (botão **lápiz**), não esqueça de indicar as variáveis  $x$  e  $y$ , nesta janela, para finalizar pressione OK.

3.5 Posicione o cursor sobre o objeto que, tal ficará em forma de laço (quer dizer que você vai acoplar um ao outro), quando isso acontecer dê um clique. O computador irá perguntar se você quer acopla-los pressione OK.

Para concluir este passo pressione o botão **f(x)** na janela condições.

**4º Passo:** Varie o valor de  $k$  e observe o que acontece com a energia cinética, energia potencial e com a energia mecânica.

**5º Passo:** Varie o valor de  $m$  e observe o que acontece com a energia cinética, energia potencial e com a energia mecânica.

### Simulação 2- Dissipação da energia mecânica

#### Objetivos:

1. Mostrar aos alunos a influência das forças dissipativas na energia mecânica
2. Visualização gráfico de barras.

#### Software:

- **Modellus** - versão: 1.11 (Tamanho: 756 K)

#### Configuração mínima:

486 DX2, com 8 Mb de RAM

3 Mb espaço em disco

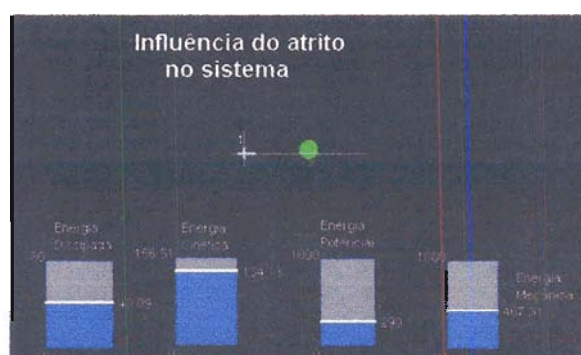


Figura 3.31

#### Procedimento:

**1º Passo:** Ao abrir o Modellus, na janela **modelo**, digitar a seguinte linha de comando:

$$\begin{aligned}dx/dt &= v \\ dv/dt &= -kxx - cxdx/dt \\ K &= 1/2mxv^2 \\ U &= kxxx/2 \\ P &= cxx \\ E &= 1/2mxv^2 + kxxx/2 + cxx\end{aligned}$$

**2º Passo:** Apertar o botão **Interpretar**, aparecerá a janela condições, digite os seguintes valores.

$$\begin{aligned}k &= 0,2 \\ m &= 1 \\ x &= 100 \\ v &= 0 \\ c &= 0,8\end{aligned}$$

**3º Passo:** Basta ir ao ícone **Janelas, Animação** para construir as barras.

3.1-Na janela animação aperte o 3º botão da esquerda para direita (botão **barra**), irá abrir uma janela pedindo para que você escolha uma variável, escolha  $E_c$ ,  $E_p$ , Energia dissipada e  $E_{mec}$ .

Uma por vez, para finalizar esta tarefa pressione OK

3.2-Para escrever os respectivos nomes, estando nesta janela ainda pressione o botão **texto**.

3.3-Para desenhar o objeto, aperte o 1º botão da esquerda para direita (botão **objecto**), não esqueça de indicar as variáveis  $x$  e  $y$ , nesta janela, para finalizar pressione OK.

3.4-Para desenhar a linha basta pressionar o botão, aperte o 5º botão da esquerda para direita (botão **lápiz**), não esqueça de indicar as variáveis  $x$  e  $y$ , nesta janela, para finalizar pressione OK.

3.5-Posicione o cursor sobre o objeto que, tal ficará em forma de laço (quer dizer que você vai acoplar um ao outro),quando isso acontecer dê um clique. O computador irá perguntar se você quer acopla-los pressione OK.

Para concluir este passo pressione o botão **f(x)** na janela condições.

**4º Passo:** Varie o valor de  $k$  e observe o que acontece com a energia cinética, energia potencial, energia dissipada e com a energia mecânica.

**5º Passo:** Varie o valor de  $m$  e observe o que acontece com a energia cinética, energia potencial, energia dissipada e com a energia mecânica.

**6º Passo:** Varie o valor de  $c$  e observe o que acontece com a energia cinética, energia potencial, energia dissipada e com a energia mecânica.



### 3.2 – Óptica:

#### 3.2.1 – Situações do Cotidiano:

- Em parques de diversão existe um brinquedo, conhecido como casa dos espelhos, onde as pessoas observam suas imagens distorcidas. O que é isso? – Tal situação representa o “espelho mágico” podendo ser constituído de uma região convexa, uma côncava e outra plana. Exceto a plana, as demais regiões não são estigmáticas (ponto-objeto conjuga apenas um ponto-imagem), nem aplanético (quando a um objeto plano e frontal conjuga uma imagem também plana e frontal) e nem ortoscópico (quando a um objeto conjuga uma imagem geométrica semelhante). Assim, a imagem que o sistema conjuga é sensivelmente distorcida em relação ao objeto.<sup>(6)</sup>
- É comum um motorista de táxi conversar com o passageiro que está sentado no banco de trás observando a imagem de seus olhos fornecida pelo espelho plano retrovisor interno. Devido à reversibilidade da luz, se o motorista consegue ver no espelho a imagem dos olhos do passageiro, este também consegue ver no mesmo espelho a imagem dos olhos do motorista.<sup>(6)</sup>
- Em viaturas utilizadas em emergências, como ambulâncias e carros de bombeiros, é comum pintar a palavra que as designam “ao contrário”. O objetivo é proporcionar aos motoristas que estão à frente uma leitura adequada em seus espelhos retrovisores.<sup>(6)</sup>
- Os espelhos esféricos côncavos são utilizados com espelhos de aumento de estojos de maquiagem, como refletores atrás de lâmpadas de sistemas de iluminação e projeção – lanterna, faróis, holofotes e projetores em geral – e como objetivas de telescópios, entre diversas outras aplicações.<sup>(6)</sup>
- Os espelhos esféricos convexos são utilizados como espelhos retrovisores de veículos – como motos e alguns carros de passeio (retrovisor direto) – e em pontos estratégicos de garagens, cruzamentos de ruas estreitas, portas de elevadores e ônibus. A vantagem dos espelhos convexos sobre os espelhos planos, nesses casos, é proporcionar, em idênticas condições, um campo visual maior.<sup>(6)</sup>

*Esta parte do trabalho foi apresentada na XXIV Jornada de Iniciação Científica e XIV Jornada de Iniciação Artística e Cultural<sup>(21)</sup>.*

## 3.2- ÓPTICA:

### 3.2.1.1 –Introdução à Óptica:

Óptica é a parte da física que trata dos fenômenos que têm como causa determinante a energia radiante, em particular a luz.<sup>(6)</sup>

Por questões de ordem didática, costuma-se estudá-la em dois grandes capítulos:

- **Óptica Geométrica:** estuda os fenômenos ópticos em que apresentam interesse as trajetórias seguidas pela luz. Fundamenta-se na noção de raio de luz e nas leis que regulam seu comportamento.
- **Óptica Física:** estuda os fenômenos ópticos que exigem uma teoria sobre a natureza constitutiva da luz.

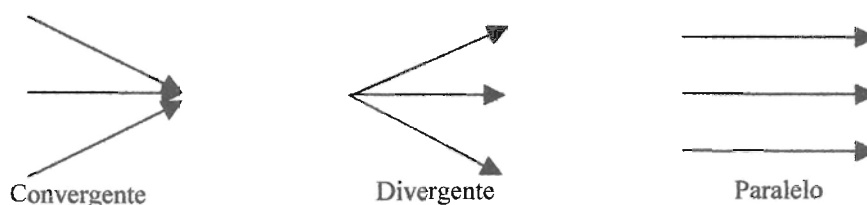
**Lembrete:** neste curso trabalharemos apenas a Óptica Geométrica.

#### 1. Considerações Iniciais:

Assim, para entender a propagação da luz, apresentaremos alguns conceitos iniciais.

1- **Raio de Luz** – São linhas orientadas que representam, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz.<sup>(7)</sup>

2- **Feixe de Luz** – É um conjunto de raios de luz. Podendo este ser: <sup>(2)</sup>



Dependendo da procedência da luz distribuída para o meio, os corpos em geral podem ser classificados em duas categorias: <sup>(6)</sup>

- Fontes primárias: são corpos que emitem luz própria. Exemplo: o sol, a chama de uma vela, as lâmpadas (quando acesas) etc.

- Fontes secundárias: são os corpos que nos enviam a luz recebida de outras fontes. O processo ocorre por **difusão**, ou seja, a luz é refletida para todas as direções dos arredores do corpo. Exemplo: a Lua, as nuvens, uma árvore, as lâmpadas (quando apagadas) etc.

Uma fonte de luz é considerada pontual (ou **puntiforme**) quando suas dimensões são irrelevantes em comparação com as distâncias aos corpos iluminados por ela. A maioria das estrelas observadas da Terra comporta-se como fonte pontual de luz. De fato, embora as dimensões dessas estrelas sejam enormes, as distâncias que as separam do nosso planeta são muito maiores.<sup>(6)</sup>

Fontes de luz de dimensões não desprezíveis são denominadas extensas. O Sol, observado da Terra, comporta-se como uma fonte extensa de luz.<sup>(7)</sup>

Conforme a fonte a luz pode ser:

- simples ou monocromática: É luz de um só cor. É o caso da luz amarela emitida por vapor de sódio incandescente.
- composta ou policromática: É luz que resulta da superposição de luzes de cores diferentes. É o caso da luz branca emitida pelo Sol, pelas lâmpadas incandescentes e outras fontes.

Qualquer que seja o tipo de luz monocromática (vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil ou violeta), sua velocidade de propagação, no vácuo, é sempre a mesma e, aproximadamente, igual a 300.000 km/s.

Observação:

**Ano-luz** – é uma unidade de comprimento usada na medição de distâncias astronômicas, ou seja, é a distância que a luz percorre no vácuo em um ano.<sup>(7)</sup>

$$1\text{ano-luz} \approx 9,5 \times 10^{12} \text{ km.}$$

## 2. Meios transparentes, translúcidos e opacos:

- Meios transparentes – são aqueles que permitem que a luz os atravesse descrevendo trajetórias regulares e bem definidas. Exemplos: o ar atmosférico, a água pura, o vidro hialino e outros. O único meio absolutamente transparente é o vácuo.<sup>(6)</sup>

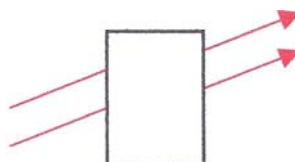


Figura 3.32 a

- Meios translúcidos: são aqueles em que a luz descreve trajetórias irregulares com intensa difusão provocadas pelas partículas desses meios. Exemplos: a neblina, o papel-vegetal e o papel-manteiga.<sup>(6)</sup>

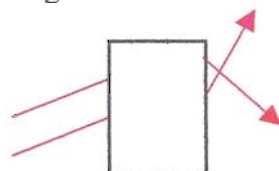


Figura 3.32 b

- Meios opacos: são aqueles através dos quais a luz não se propaga. Exemplos: Alvenaria, madeira, papelão, metais etc.<sup>(6)</sup>

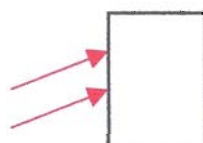


Figura 3.32 c

### 3- Princípio da Propagação Retilínea da Luz:

*“Nos meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta”<sup>(6)</sup>*

Considere uma fonte de luz puntiforme F, um corpo opaco C e um anteparo A colocados num meio homogêneo e transparente (figura 3.33).

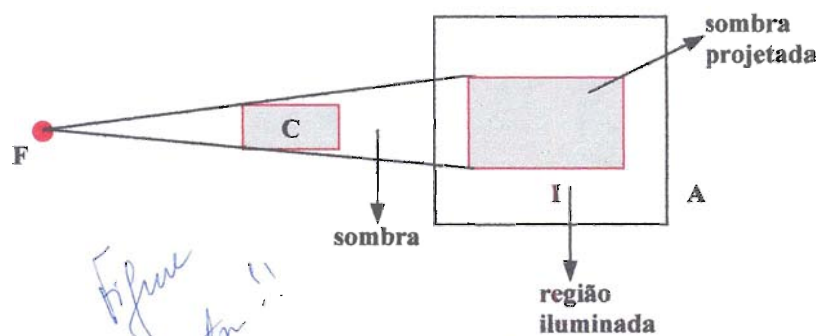


Figura 3.33



Considere agora uma fonte de luz extensa AB (figura 3.34).

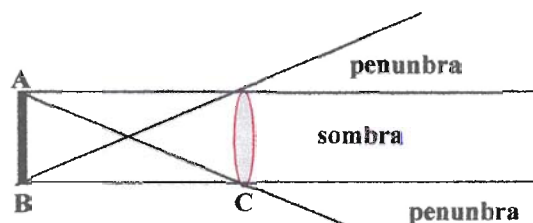


Figura 3.34

Outros fatos que comprovam o princípio da propagação retilínea da luz são a ocorrência de eclipses, a formação de imagens na câmara escura de orifício e o conceito de ângulo visual.

#### ECLIPSES:<sup>(6)</sup>

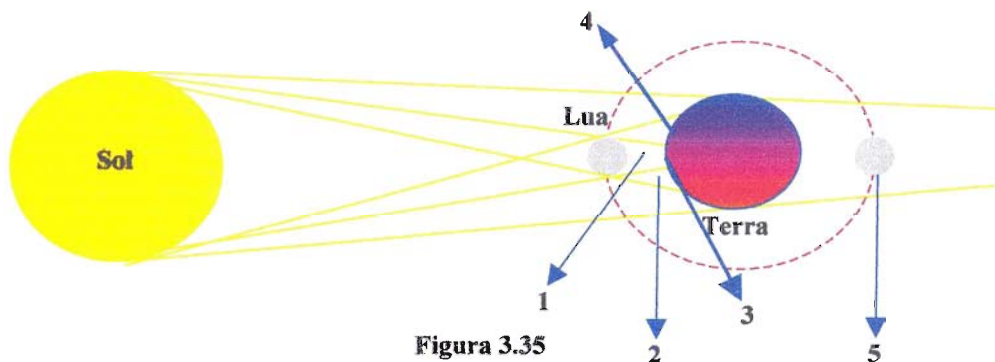


Figura 3.35

Região 1- sombra da Lua.

Região 2 – penumbra

Região 3 – sombra da Lua projetada na Terra. Nessa região ocorre o eclipse total ou anular do Sol.

Região 4 - penumbra projetada. Nessa região ocorre o eclipse parcial do Sol, caso em que uma parte do "disco solar" permanece visível.

Região 5 – A Lua situa-se no cone de sombra da Terra. Eclipse da Lua.

Observando a região 3, vemos que a sombra da Lua sobre a Terra é em geral pequena, podendo atingir no máximo um diâmetro de 270 Km. Levando-se em conta que a sombra da Lua passa sobre a Terra com velocidade de 1700 Km/h, a duração de um eclipse total do Sol pode ser, de, no máximo, aproximadamente 7 minutos.<sup>(8)</sup>

A Lua dá uma volta em torno da Terra em aproximadamente um mês. Portanto, se o plano da órbita da Lua em torno da Terra coincidissem com o plano da órbita da Terra em torno do

Sol, a cada mês teríamos um eclipse solar e um eclipse lunar. Entretanto isso não ocorre, pois o plano da órbita da Lua está inclinado em relação ao plano da órbita da Terra. Desse modo, são poucas as vezes em que ocorre o alinhamento do sol, da Terra e da Lua, propiciando um eclipse.<sup>(8)</sup>

Enquanto a Lua gira em torno da Terra, sua aparência vai mudando durante um ciclo que dura 29,5 dias; são as fases da Lua. A fase de **lua nova** ocorre quando a Lua volta para a Terra sua face não iluminada. A partir daí, gradualmente vai aumentando a região da Lua vista da Terra, até atingir uma posição em que vemos uma face inteira iluminada: é a **lua cheia**. Em seguida, começa a diminuir a região vista, até chegar novamente à fase de lua nova. Entre a lua nova e a lua cheia, há dois momentos em que a Lua apresenta meia face iluminada: são as fases de **quarto crescente** e **quarto minguante**. Logo, o eclipse do sol ocorre na fase de lua nova e o eclipse da lua ocorre na fase de lua cheia.<sup>(8)</sup>

### CÂMARA ESCURA DE ORIFÍCIO:

É uma caixa de paredes opacas, possuindo uma delas um pequeno orifício, conforme mostra a figura abaixo.

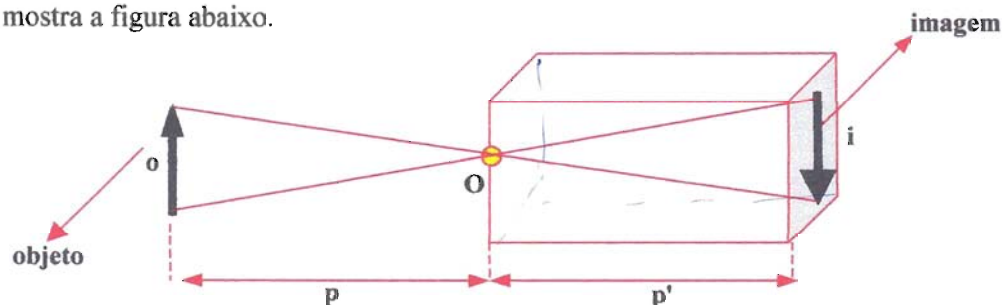


Figura 3.36

Por geometria:

$$\frac{o}{i} = \frac{p}{p'}$$

Onde:  $o$  = tamanho do objeto,  $i$  = tamanho da imagem,  $p$  = distância do objeto ao orifício,  $p'$  = distância da imagem ao orifício.

Aumentando-se o diâmetro do orifício, temos uma diminuição da nitidez da imagem, embora a luminosidade tenha aumentado.<sup>(7)</sup>

### ÂNGULO VISUAL:

Um globo ocular observa um objeto AB. De todos os raios de luz que partem de AB e atingem o globo ocular, consideramos os raios de luz que partem dos extremos A e B.

Esses raios definem um ângulo  $\alpha$ , através do qual o observador vê o objeto AB. Esse ângulo é denominado ângulo visual.

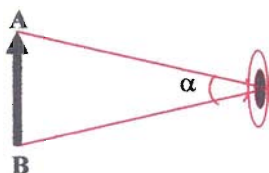


Figura 3.37

O ângulo visual depende da extensão do objeto e de sua posição em relação ao globo ocular. Quanto maior a distância do objeto ao globo ocular, menor o ângulo visual e menor parece ser o objeto AB.<sup>(7)</sup>

O menor ângulo visual sob o qual o globo ocular vê os pontos A e B, separadamente, chama-se **limite de acuidade visual**. Para o olho humano esse ângulo é da ordem de um minuto.<sup>(7)</sup>

Obs.: Um observador na Terra vê o Sol e a Lua sob ângulo visual da ordem de meio grau.<sup>(7)</sup>

### 4- Princípio da Independência dos Raios de Luz:

*“Quando os raios de luz se cruzam, cada um deles segue seu trajeto como se os outros não existissem”<sup>(7)</sup>*

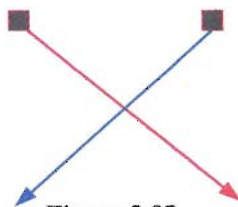


Figura 3.38

### 5- Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz:

*“A trajetória seguida pela luz independe do sentido do percurso”<sup>(7)</sup>*

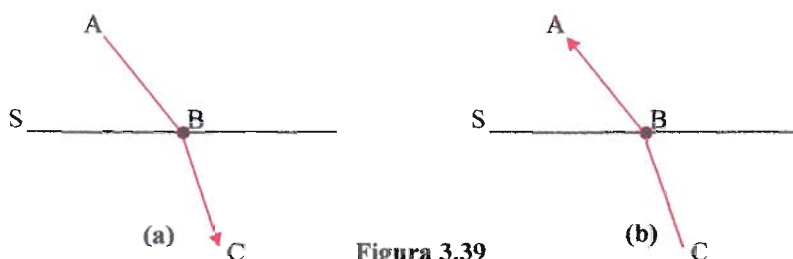
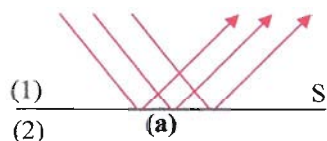


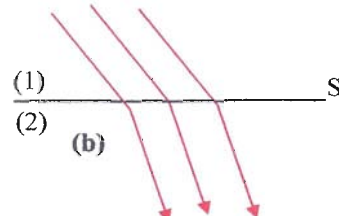
Figura 3.39

## 6- Fenômenos Ópticos:<sup>(7)</sup>

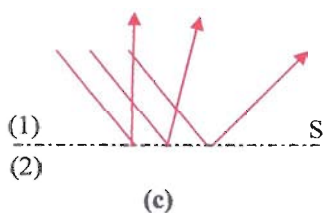
- Reflexão regular



- Refração da luz



- Reflexão difusa



- Absorção da luz

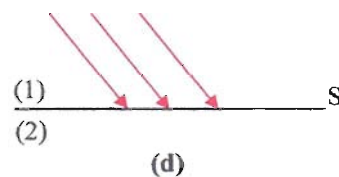
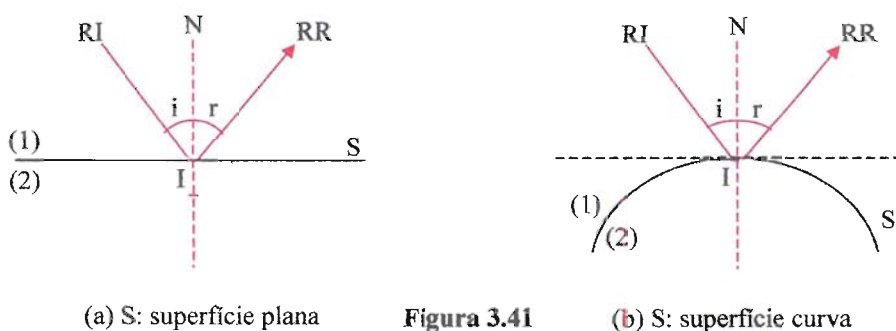


Figura 3.40

### 3.2.1.2 – Reflexão da Luz

#### 1- Reflexão da luz. Leis da Reflexão

A reflexão regular é o fenômeno predominante quando o meio (2) é opaco e a superfície de separação S é polida (figura 1). Nestas condições, a superfície S recebe o nome de superfície refletora ou espelho. De acordo com a forma da superfície S, os espelhos podem ser planos ou curvos (esféricos, parabólicos etc).<sup>(7)</sup>



(a) S: superfície plana

Figura 3.41

(b) S: superfície curva



A reflexão da luz é regida pelas leis:

1ª Lei: O raio refletido (RR), a normal (N) e o raio incidente (RI) estão situados no mesmo plano.

2ª Lei: O ângulo de reflexão ( $r$ ) é igual ao ângulo de incidência ( $i$ ):  $r = i$

### 2- Imagem de um Ponto num Espelho Plano

Considere um ponto P luminoso ou iluminado colocado em frente a um espelho plano E. Os raios de luz refletidos pelo espelho e provenientes de P podem ser determinados através das leis da reflexão. Sejam, por exemplo, os seguintes raios incidentes:

- Raio incidente PI normal ao espelho ( $i = 90^\circ$ ). O raio refletido IP é também normal ao espelho ( $r = i = 90^\circ$ ).
- Raio incidente PJ qualquer. O raio refletido JK é tal que  $r = i$ .

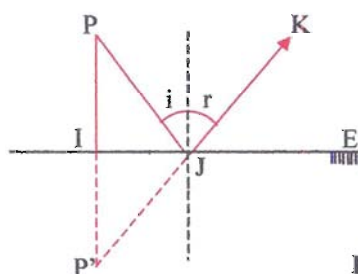


Figura 3.42

A interseção dos prolongamentos dos raios refletidos IP e JK determina um ponto P'. Da igualdade entre os triângulos PIJ e P'IJ resulta  $PI = P'I$ , isto é:

P e P' são equidistantes do espelho.<sup>(7)</sup>

O feixe refletido no espelho atinge o globo ocular de um observador (figura 3.42). Para este feixe parece originar-se em P'. O observador vê P'.

O ponto P' definido pela interseção de raios emergentes do espelho é denominado **ponto-imagem**, em relação ao espelho. O ponto P definido pela interseção dos raios incidentes sobre o espelho é denominado **ponto-objeto**, em relação ao espelho.<sup>(7)</sup>

De um modo geral, podemos classificar:<sup>(7)</sup>

PONTO REAL – interseção efetiva dos raios luminosos.

PONTO VIRTUAL – interseção de prolongamentos de raios luminosos.

Para um espelho plano, podemos resumir que pontos-objetos e pontos-imagens têm naturezas contrárias; se o objeto é real, a imagem é virtual e vice-versa.

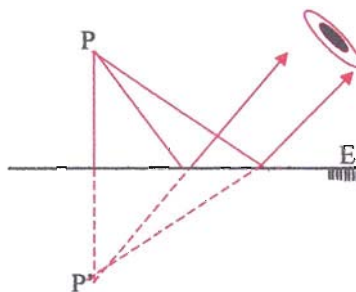


Figura 3.43

Observações:

- 1- O espelho plano é um sistema estigmático, isto é, a um ponto-objeto conjuga um único ponto-imagem. Existem sistemas que a um ponto-objeto conjugam uma mancha luminosa. Tais sistemas são ditos astigmáticos.<sup>(7)</sup>
- 2- Se o feixe incidente sobre o espelho plano for paralelo, o correspondente feixe refletido é também paralelo. Nesse caso, dizemos que o ponto-objeto e o ponto-imagem são pontos impróprios.<sup>(7)</sup>
- 3- Os conceitos de ponto-objeto e ponto-imagem, real ou virtual são válidos para outros sistemas ópticos (espelhos esféricos, dióptros, lentes etc).<sup>(7)</sup>

### 3- Imagem de um objeto extenso:

Um objeto extenso é um conjunto de pontos-objetos. A estes, o espelho conjuga pontos-imagens que constituem a imagem do objeto extenso.<sup>(7)</sup>

Imagem e objeto têm dimensões iguais e são equidistantes do espelho.<sup>(7)</sup>

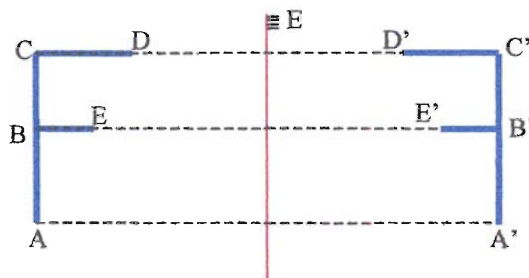
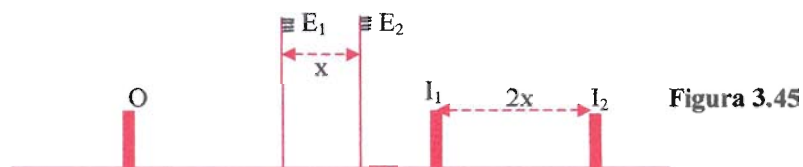


Figura 3.44

Quando o objeto extenso é assimétrico (não admite nenhum plano que o divida em duas partes iguais), a imagem obtida não é superável ao objeto. Por exemplo, a imagem da mão direita

colocada na frente do espelho é uma mão esquerda. Neste caso, objeto e imagem no espelho plano constituem figuras enantiomorfas (figuras contrárias).<sup>(7)</sup>

#### 4- Translação de um espelho plano



Quando um espelho plano é transladado paralelamente a si mesmo, a imagem de um objeto fixo sofre translação no mesmo sentido, dupla em relação ao espelho.

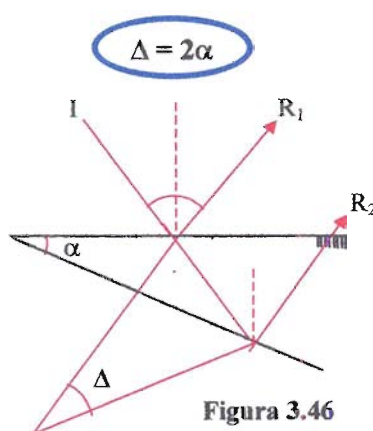
Observação:

Como os deslocamentos do espelho e da imagem são simultâneos, isto é, ocorrem no mesmo intervalo de tempo, a propriedade estabelecida para os deslocamentos do espelho e da imagem pode ser entendida por as velocidades. Assim, sendo  $v_e$  a velocidade do espelho e  $v_i$  a velocidade da imagem, em relação ao objeto fixo, podemos escrever:<sup>(7)</sup>

$$v_i = 2 v_e$$

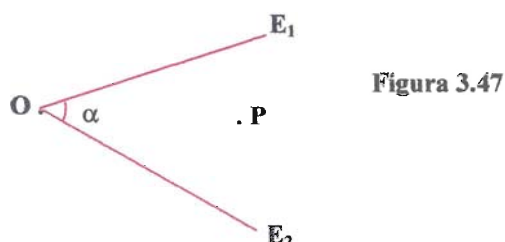
#### 5- Rotação de um espelho plano

O ângulo de rotação do raio refletido  $\Delta$  é igual ao dobro do ângulo de rotação  $\alpha$  do espelho.<sup>(7)</sup>



## 6- Imagem em dois espelhos

A figura abaixo representa dois espelhos planos  $E_1$  e  $E_2$ , que formam entre suas superfícies refletoras um ângulo  $\alpha$ . O ponto P representa um objeto pontual colocado diante dos espelhos.



O número  $n$  de imagens fornecidas pela associação fica determinado pela expressão:

$$n = (360^\circ/\alpha) - 1$$

onde  $\alpha$ , ângulo formado pelos espelhos, deve ser divisor de  $360^\circ$ .

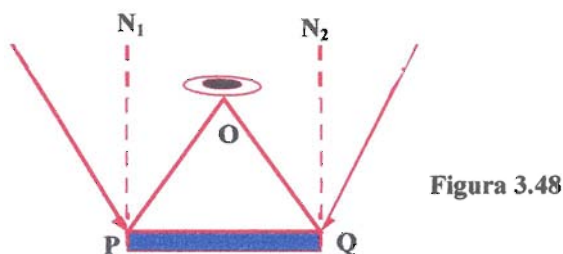
Observação: <sup>(7)</sup>

- Se o quociente  $360^\circ/\alpha$  der como resultado um número par, a expressão será aplicável qualquer que seja a posição de P entre os espelhos.
- Se o quociente  $360^\circ/\alpha$  der como resultado um número ímpar, a expressão só será aplicável se P estiver no plano bissetor do diedro formado pelos espelhos.

## 7- Campo visual de um espelho plano

Chama-se campo visual de um espelho plano, para determinado observador, a região do espaço que pode ser contemplada por ele pela reflexão da luz no espelho.<sup>(6)</sup>

A demarcação do campo do espelho é feita de seguinte maneira: na figura a seguir, O é o olho do observador e PO e QO são raios refletidos na periferia do espelho, que atingem O.



A região destacada corresponde ao campo visual do espelho em relação a O.



### 3.2.1.3 – Refração da Luz

O assunto deste tópico, além de possibilitar o entendimento de muitos fenômenos comuns no nosso dia-a-dia – como a aparente profundidade menor na piscina, as miragens nas rodovias em dias quentes e o arco-íris, é a base para a fabricação de muitos instrumentos ópticos extremamente úteis, como lunetas, microscópios, câmaras fotográficas, óculos, binóculos e projetores de imagens.<sup>(6)</sup>

Vimos que a luz, propagando-se num meio 1 e incidindo sobre a superfície S de separação com um meio 2, apresenta simultaneamente os fenômenos: reflexão, refração e absorção. Para que a refração seja o fenômeno predominante, o meio 2 deve ser transparente, como, por exemplo, a água.

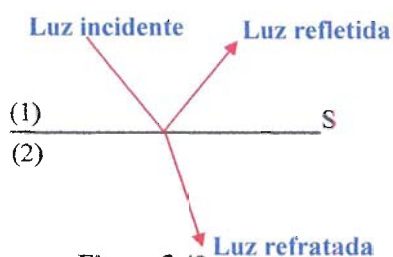


Figura 3.49

Se a incidência for oblíqua, a refração é acompanhada de mudança de direção (figura 3.50a), o que não ocorre se a incidência for perpendicular (figura 3.50b).

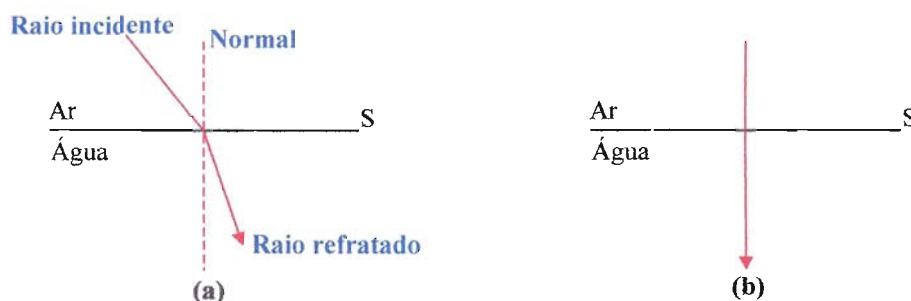


Figura 3.50

Observe na figura 3.50(a) que, ao passar do ar para a água, o raio luminoso aproximou-se da normal, passando a formar com ela um ângulo menor que aquele que formava no ar. Como na água a velocidade da luz é menor do que o ar, verifica-se que, na refração com incidência oblíqua, o ângulo formado com a normal acompanha a variação de velocidade.

Assim, a refração da luz pode ser entendida como a variação de velocidade sofrida pela luz ao mudar de meio.<sup>(7)</sup>

## 1- Índice de refração. Refringência

Índice de refração absoluto  $n$  de um meio, para determinada luz monocromática, é a relação entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz considerada no meio em questão ( $v$ ).<sup>(7)</sup>

$$n = c/v$$

O índice de refração  $n$  é adimensional e maior que a unidade, para qualquer meio material:

$$c > v \Rightarrow n > 1$$

Para o vácuo e aproximadamente para o ar, o índice de refração é unitário:

$$v = c \Rightarrow n = 1$$

O índice de refração de um meio material depende do tipo de luz que se propaga apresentando **valor máximo para a luz violeta e mínimo para a luz vermelha**. Salvo consideração contrário, admitiremos sempre a propagação da luz monocromática amarela de sódio.<sup>(7)</sup>

Para indicar entre dois meios aquele que tem maior ou menor índice de refração, é comum usarmos o termo **refringência**. Assim, o meio que possui **maior índice de refração** é o que apresenta **maior refringência** (mais refringente).<sup>(7)</sup>

Quando dois meios apresentam a **mesma refringência** (mesmo índice de refração), um é invisível em relação ao outro. Dizemos que entre esses meios **há continuidade óptica**.<sup>(7)</sup>

## 2- Leis da refração

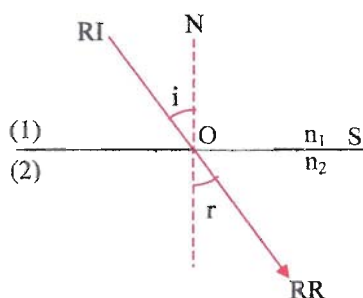


Figura 3.51

A refração da luz é regida pelas leis: <sup>(7)</sup>

1ª Lei: O raio refratado (RR), a normal (N) e o raio incidente (RI) estão situados no mesmo plano.

2ª Lei ou Lei de Snell-Descartes:

Para cada par de meios e para cada luz monocromática que se refrata, é constante o produto do seno do ângulo que o raio forma com a normal e o índice de refração do meio em que o raio se encontra.

Analisando a figura anterior, temos:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

Deste modo, se  $n_2 > n_1$ , então  $\text{sen } r < \text{sen } i$ , de onde  $r < i$ . Portanto:

Quando a luz passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente, o raio luminoso se aproxima da normal.

Assim, também, podemos escrever a expressão para a lei de Snell-Descartes da seguinte forma:<sup>(7)</sup>

$$\text{sen } i / \text{sen } r = n_2 / n_1 = n_{21}$$

onde  $n_{21}$  é o índice de refração relativo do meio 2 em relação ao meio 1.

### 3- Ângulo Limite. Reflexão Total

Quando uma luz monocromática se propaga de um meio menos refringente para o meio mais refringente, não existe nenhuma restrição à ocorrência de refração.

Iniciamos nossa discussão, tomando  $n_2 > n_1$ , fazendo uma incidência oblíqua, percebemos que o raio refratado se aproxima da normal. Aumentando o ângulo de incidência, verifica-se que, à medida que o ângulo de incidência  $i$  tende para  $90^\circ$  (incidência rasante), o ângulo de refração  $r$  tende para um valor máximo  $L$ , denominado **ângulo limite**.<sup>(7)</sup>

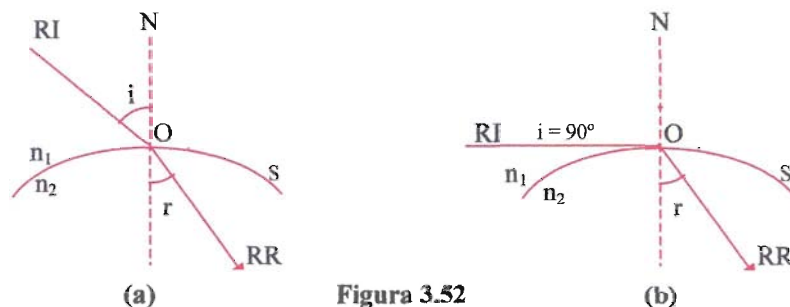


Figura 3.52

Aplicando a Lei de Snell-Descartes a esse último caso de refração, obtemos:

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

$$n_1 \cdot \sin 90^\circ = n_2 \cdot \sin L$$

Assim, temos:

$$\sin L = n_1 / n_2 = n_{\text{menor}} / n_{\text{maior}}$$

Quando a luz monocromática se propaga do meio mais refringente para o meio menos refringente, nem todo raio luminoso sofre refração.

Tomando  $n_2 > n_1$ , fazendo o raio luminoso propagar-se do meio 2 para o meio 1 sob uma incidência oblíqua, percebemos que o raio refratado se afasta da normal. Aumentando o ângulo de incidência, a última refração vai ocorrer quando o ângulo  $i$  for igual ao ângulo limite  $L$ , sendo o ângulo de refração  $r$  igual a  $90^\circ$  (emergência rasante): se  $i = L \Rightarrow r = 90^\circ$ .<sup>(7)</sup>

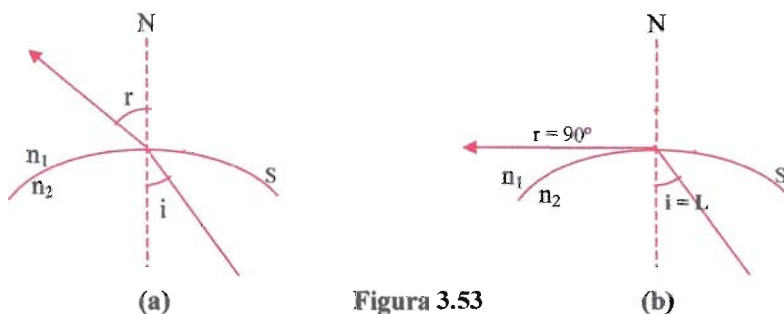


Figura 3.53

No entanto, para esse sentido de propagação (do mais refringente para o menos refringente), o ângulo de incidência  $i$  pode ser maior que o ângulo limite  $L$ . Quando isso acontece, não há refração e a luz sofre o fenômeno da **reflexão total** ou **interna**.<sup>(7)</sup>

Condições:

- Sentido de propagação da luz: do meio mais refringente para o menos refringente.
- Ângulo de incidência maior que o ângulo limite:  $i > L$ .

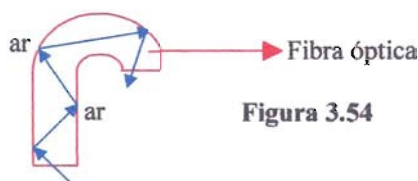


### Fibras Ópticas

Uma importantíssima aplicação da reflexão total se dá nas fibras ópticas, largamente usadas na tecnologia moderna. Nas comunicações, sua importância destaca-se pela grande capacidade de transporte simultâneo de uma enorme quantidade de informações, por um fio de vidro, muito fino, de diâmetro aproximadamente igual a  $50\mu\text{m}$ , semelhante a um fio de cabelo. <sup>(6)</sup>

- Como se dá o seu funcionamento?

O índice de refração do vidro é tal que um raio de luz penetra por uma das extremidades de uma fibra óptica e emerge pela outra extremidade, após sofrer diversas reflexões totais. Apesar de serem feitas de vidro, essas fibras são muito flexíveis.



Uma das aplicações da fibra óptica é na construção de instrumentos médicos que permitem a observação do interior de determinados órgãos. No caso do estômago, por exemplo, introduz-se pela boca o **endoscópio**, um cabo que contém um grande número de fibras. Esse cabo transmite, então, a imagem do interior do estômago. <sup>(8)</sup>

Outra aplicação muito importante é nas telecomunicações, onde tal, é denominada **núcleo**, é recoberta com uma camada de vidro, de índice de refração menor que o do núcleo, denominada **cobertura**. Depois, para proteção, acrescenta-se a **casca**, que é de plástico. <sup>(8)</sup>

#### 4- Refração Atmosférica <sup>(8)</sup>

A atmosfera da Terra não é um meio homogêneo, pois, como sabemos, a densidade diminui com a altitude; assim, em geral, o índice de refração diminui com a altitude.

Consideremos, por exemplo, o Sol ou outro astro enviando luz para a Terra, e um raio que atinja a nossa atmosfera, obliquamente à superfície da Terra. Tudo se passa como se a atmosfera fosse constituída por uma série de camadas paralelas, com índices de refração crescentes, de cima para baixo

Considerando a situação real, um raio de luz emitido pelo astro que está na posição P caminha em linha reta enquanto está no vácuo. Ao atingir a atmosfera, como a incidência não é

normal, ele curva-se de modo que observador vê o astro na posição  $P'$ . Por causa disso, o Sol ainda pode ser visto pouco depois de ter desaparecido na linha do horizonte.

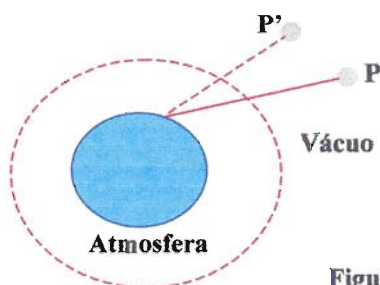


Figura 3.55

### Miragens <sup>(8)</sup>

Quando a luz do Sol atinge o solo, faz com que este se aqueça; assim, em dias quentes e secos, o ar em contato com o solo fica mais quente que o ar um pouco mais acima. É como se próximo do solo houvesse várias camadas finas de ar, com índices de refração decrescente de cima para baixo. Desse modo, um raio de luz vindo do Sol vai se curvando, e pode sofrer reflexão total. Quando isso ocorre, o solo se comporta como se fosse um espelho. É por esse motivo que em dias quentes as estradas parecem estar molhadas.

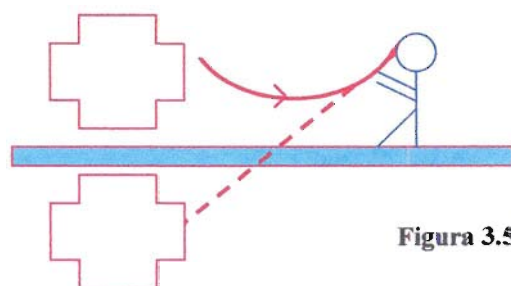


Figura 3.56

Em regiões frias ou sobre um lago ou mar, pode acontecer o inverso: as camadas inferiores estão mais frias e, portanto, o índice de refração cresce de cima para baixo. Nesse caso a reflexão total acontece ao contrário da figura anterior. Na realidade a atmosfera não obedece ao modelo simplificado de camadas descrito anteriormente. Ela pode apresentar turbulências e uma variação irregular nas densidades, dependendo das condições de pressão, temperaturas e local. A presença de montanhas e vales também deve ser considerada. Desse modo, às vezes formam-se várias miragens superpostas que se movimentam. A literatura registra vários relatos dessas miragens na região de Messina, entre a Itália e a Sicília, conhecidas como “fada Morgana”, pois, segundo a lenda, essas miragens seriam castelos pertencentes à fada Morgana.

### Arco-íris <sup>(8)</sup>

Às vezes observamos forma-se no céu uma série de faixas semicirculares e coloridas: é o arco-íris. Esse nome vem de mitologia: na *Iliada*, de Homero, a deusa Íris era a mensageira dos deuses e descia à Terra escorregando pelo arco das cores.

Quando o ar está muito úmido e o Sol está próximo do horizonte (amanhecer ou entardecer), se ficarmos de costas para o Sol, às vezes poderemos observar um arco-íris. O arco-íris é formado pela refração e reflexão da luz solar dentro das gotas d'água suspensas na atmosfera. Como o índice de refração depende da cor, a luz solar sofre dispersão, separando-se as cores.

Ao penetrar na gota, a luz sofre uma pequena dispersão. Representamos apenas as cores extremas: o vermelho e o violeta. Os raios se refletem na parte interna da gota, voltam e sofrem nova refração, aumentando a separação entre as cores. Os raios emergentes violeta e vermelho formam com o raio incidente ângulos de  $40,2^\circ$  e  $42,1^\circ$ , conforme mostra a figura abaixo.



Figura 3.57

Cada gota envia luzes de todas as cores básicas. Porém, por causa da diferença de ângulos, cada cor será recebida, por nossos olhos, de uma gota situada a uma altura diferente. Desse modo, vemos um conjunto de faixas semicirculares coloridas, ficando a faixa vermelha em cima e a violeta embaixo.

Às vezes podem ocorrer duas reflexões dentro da gota. Nesse caso, aparece um arco-íris secundário, de menor intensidade que o primário, e com as cores invertidas: o violeta em cima e o vermelho embaixo.

### 3.2.1.4 –Parte Experimental:

ÓPTICA – é um assunto que geralmente é muito abstrato para o aluno de Ensino Médio e Fundamental, mas nós tornamos a sua introdução bastante interessante. A parte experimental deste trabalho foi apresentada no II ENLIF <sup>(23)</sup>.

#### Experiência 1 - Lei da Reflexão

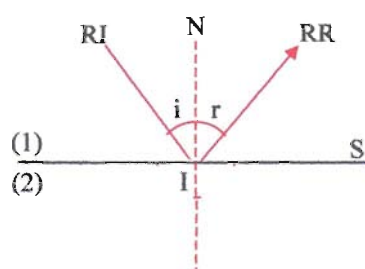


Figura 3.58

- **Objetivo-** Mostrar que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.
- **Material-** laser, uma cartolina (desenhado um transferidor) e um espelho plano.
- **Procedimento-** Faca o laser incidir no espelho e, usando a cartolina, observe o ângulo do raio refletido.
- **Dica –** Peça aos alunos para variarem os ângulos, e para relatarem o que observaram.

**Experiência 2- Imagem de um ponto num espelho plano**

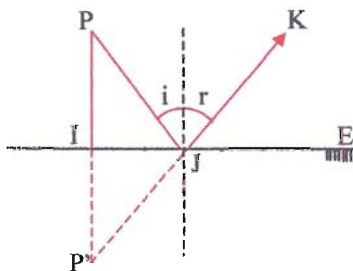


Figura 3.59

- **Objetivo-** Mostrar que o ponto-objeto P e o ponto-imagem P' são equidistantes do espelho plano.
- **Material-** Uma folha de papel ofício, uma régua e um espelho plano.
- **Procedimento** - Coloque um objeto sobre a folha e meça a sua distância até a borda do papel (faca um pontilhado, ligando o objeto a borda – Não se esqueça de anotar a medida) em seguida coloque o espelho plano perpendicular à folha. Peça então para o aluno, para descrever o que está dentro do espelho.



**Experiência 3- Imagem de um objeto extenso**

- **Objetivo-** Mostrar que a imagem e o objeto tem dimensões iguais e são equidistantes do espelho.
- **Material** - Uma folha de papel ofício e um espelho plano.
- **Procedimento** - Este experimento fica melhor apresentado quando você, antes de mostrar o experimento, produz a imagem no quadro negro (traçando os raios). Para realizar o experimento transfira o objeto (desenhado no quadro) para uma folha de papel ofício, colocando um espelho plano perpendicular, peça ao aluno para descrever o que ele vê.

Experiência 4- Imagem em dois espelhos

- **Objetivo-** Mostrar que o número de imagens entre dois espelhos planos está relacionado com o ângulo entre os espelhos.

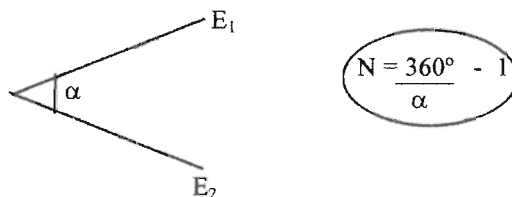


Figura 3.60

- **Material** - Uma cartolina (desenhado um transferidor), dois espelhos planos, um objeto e fita crepe.
- **Procedimento** - Unindo os dois espelhos com fita crepe, colocamos sobre a cartolina, assim variamos os ângulos, pedimos aos alunos para completar a tabela abaixo.

Ângulos	Número de Imagens
180°	
90°	
60°	
30°	
120°	

tabela 3.2

**Experiência 5 – Eclipse solar e lunar**

- **Objetivo-** Mostrar o eclipse solar e lunar, contextualizando com a física de sala de aula.
- **Material** – Duas esferas de isopor (tamanhos diferentes), fios para prender as esferas e uma fonte luminosa (vela ou lanterna).
- **Procedimento** – Com os fios, faça uma base para a esfera maior (Terra) e ligue a mesma com a esfera menor (Lua).

Agora faça o feixe de luz (lanterna ou vela), incidir na Lua, assim teremos a projeção da sombra da Lua no Sol, caracterizando o eclipse solar (Lembrando que para isso devemos ter suas órbitas, o Sol, a Lua e a Terra, alinhadas).

Para produzir o eclipse lunar gire a Lua de  $180^\circ$ , de forma que a sua produção seja dada pela projeção da sombra da Terra na Lua.

**Experiência 6 – Arco-íris**

- **Objetivo-** Mostrar o arco-íris, contextualizando com a física de sala de aula.
- **Material** – Um espelho plano, um recipiente contendo água, lanterna e fita isolante.
- **Procedimento** – Coloque o espelho plano parcialmente, no recipiente contendo água, agora faça uma fenda na lanterna com a fita isolante. Então, incida a luz na água para que a mesma incida no espelho e observe o fenômeno.

## 4. Resultados:

Como parte do resultado, mostraremos no quadro abaixo, as notas das provas e as médias das turmas, sobre o assunto Mecânica. Lembrando que as provas foram aplicadas após os alunos terem recebido o Ensino Tradicional.

### 4.1 –Quadro de Notas:

<b>Mecânica</b>								
Notas	<b>Ensino Tradicional</b>						<b>Pesquisa</b>	
	<b>Grupos</b>						<b>1A – N2 -12 alunos</b>	
	<b>1B 5 alunos</b>	<b>1A - N1 30 alunos</b>	<b>2B 19 alunos</b>	<b>2A 32 alunos</b>	<b>3B 13 alunos</b>	<b>3A 21 alunos</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
<b>0,0 – 1,0</b>	80%	7%	26%	3%	85 %	5%	67%	-
<b>1,1 – 2,0</b>	20%	10%	63%	12%	15%	4%	8%	-
<b>2,1 – 3,0</b>	-	10%	11%	25%	-	24%	25%	-
<b>3,1 – 4,0</b>	-	47%	-	44%	-	33%	-	17%
<b>4,1 – 5,0</b>	-	23%	-	16%	-	10%	-	-
<b>5,1 – 6,0</b>	-	3%	-	-	-	24%	-	33%
<b>6,1 – 7,0</b>	-	-	-	-	-	-	-	8%
<b>7,1 – 8,0</b>	-	-	-	-	-	-	-	17%
<b>8,1 – 9,0</b>	-	-	-	-	-	-	-	25%
<b>9,1 – 10</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Média</b>	<b>0,66</b>	<b>3,46</b>	<b>1,47</b>	<b>3,29</b>	<b>0,46</b>	<b>3,90</b>	<b>1,25</b>	<b>6,5</b>

**Quadro 6- Desempenho dos alunos**

Questões	Percentual de acerto por questão
1	23%
2	14%
3	48%
4	20%
5	23%
6	25%



## A Contextualização da Física no Ensino Médio

### Óptica:

Óptica								
Notas	Rede Particular						Rede Pública	
	Ensino Fundamental				Ensino Médio		Ensino Fundamental	
	Pesquisa				Ensino Tradicional		Ensino Tradicional	
	Grupos							
	1C Antes	1C Depois	2C Antes	2C Depois	3C 21 alunos	4C 23 alunos	5C 21 alunos	6C 28 alunos
0,0 – 1,0	63%	-	47%	-	76%	60%	67%	93%
1,1 – 2,0	34%	-	47%	-	-	22%	28%	3%
2,1 – 3,0	4%	3%	6%	3%	24%	18%	5%	4%
3,1 – 4,0	-	-	-	12%	-	-	-	-
4,1 – 5,0	-	3%	-	15%	-	-	-	-
5,1 – 6,0	-	14%	-	10%	-	-	-	-
6,1 – 7,0	-	23%	-	25%	-	-	-	-
7,1 – 8,0	-	20%	-	10%	-	-	-	-
8,1 – 9,0	-	23%	-	10%	-	-	-	-
9,1 – 10	-	14%	-	15%	-	-	-	-
Média	1,00	7,50	1,34	6,60	0,95	1,21	0,85	0,44

Quadro 7- Desempenho dos alunos

Questões	Percentual de acerto por questão
1	0,0 %
2	8,0 %
3	1,0 %
4	22 %
5	5,5 %

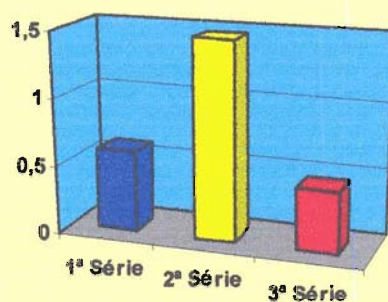
#### 4. Resultados:

##### 4.2 – Gráfico Comparativo dos Resultados:

##### 4.2.1- Mecânica:

A partir dos resultados obtidos com o questionários, mostraremos os gráficos das médias do Ensino Público e Ensino particular, nas turmas 1ª, 2ª e 3ª Séries do Ensino Médio. Lembrando que os questionários foram aplicados após o ensino tradicional.

Ensino Tradicional - Público



Ensino Tradicional - Particular

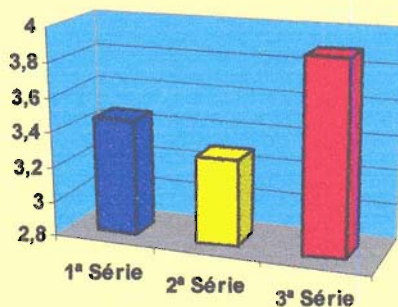
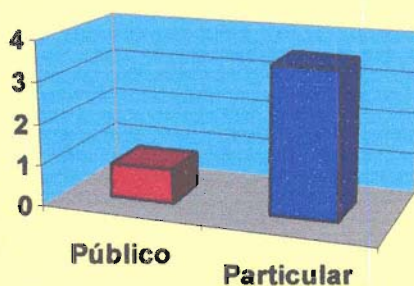


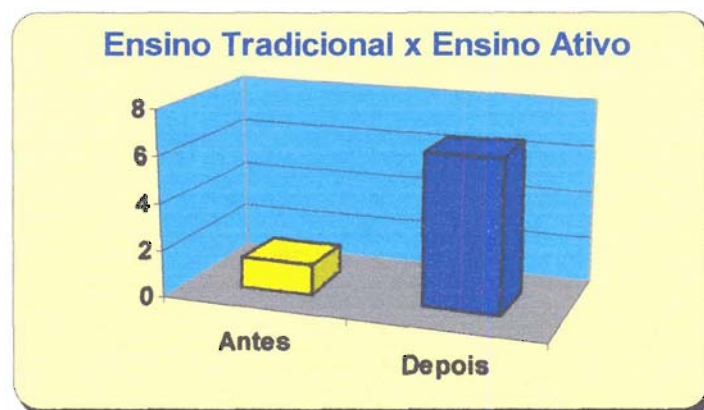
Gráfico comparativo das turmas



## A Contextualização da Física no Ensino Médio

---

Agora, compararemos as médias do questionário na turma da 1ª Série do Ensino Médio da rede particular, onde foi trabalhada a metodologia. Lembrando que os questionários foram aplicados antes do processo e reaplicados após o mesmo.



## 4. Resultados

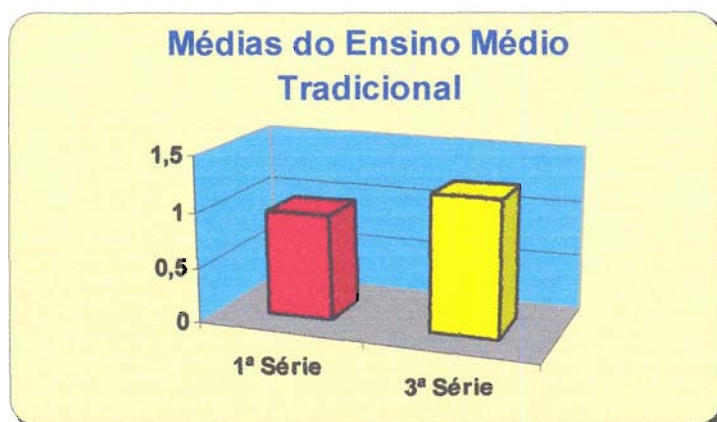
### 4.2 – Gráfico Comparativo dos Resultados:

#### 4.2.2- Óptica:

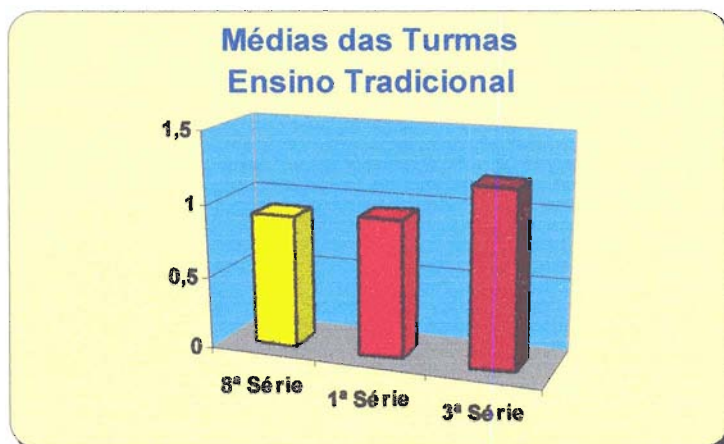
Iniciamos nossa análise dos gráficos, comparando as médias das turmas do Ensino Fundamental (8ª Série). As médias foram obtidas a partir dos questionários com os alunos da rede pública e do preparatório, onde tais já haviam recebido o Ensino Tradicional, e os outros alunos Particular, manhã (M) e tarde (T), ainda iriam receber o Ensino Ativo.



Agora apresentamos as médias, obtidas com o questionário aplicado nas turmas de Ensino Médio (1ª e 3ª Séries), após terem recebido o Ensino Tradicional, e logo após mostraremos uma comparação do Ensino Médio com o Ensino Fundamental (8ª Série).

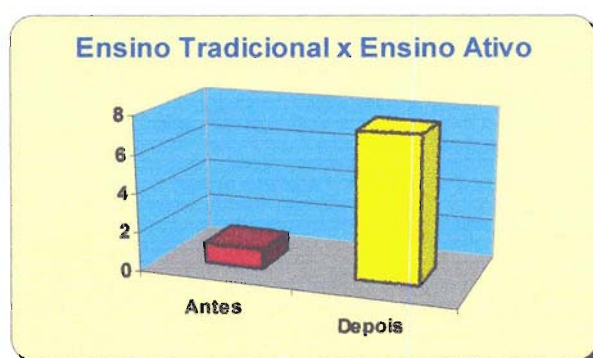




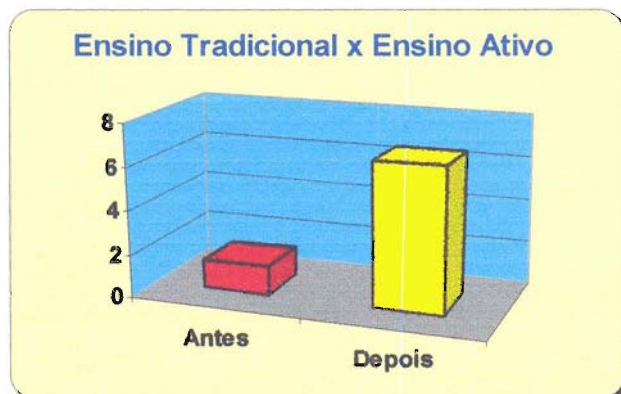


Para concluir, nossa análise gráfica, mostraremos a comparação dos resultados obtidos com a 8ª Série do Ensino Fundamental, nas turmas matutina e vespertina, onde os questionários foram aplicados antes do processo de ensino e aprendizagem e reaplicados após o processo.

- **Matutina:**



- **Vespertina:**





#### 4. Resultados

##### **4.3– Perguntas dos alunos:**

##### Mecânica

- 1- Por que a Lua não cai na Terra?
- 2- Por que a Terra não sobe devido a força Peso?
- 3- Como ocorre o funcionamento da usina hidroelétrica?
- 4- Eu vi que uma casa no final de semana, que **tinha** uma placas no telhado. Sobe que aquilo é usado para energia solar. Como ocorre isso?
- 5- A força é representada por  $\vec{F}$ , a “seta” em cima da letra F, indica direção e sentido?
- 6- Porque o par ação e reação não se anulam, **já** que são forças de mesma direção, mesmo módulo e sentidos opostos?
- 7- Não entendi a relação do carro ter tração com a força de atrito?

Óptica

- 1- Quanto tempo leva para acontecer o Eclipse solar?
- 2- Se as estrelas são corpos luminosos, ou seja, emitem luz própria, porque elas são refletidas pelo Sol?
- 3- Por que as nuvens são brancas?
- 4- Por que o universo é escuro, já que o sol ilumina tudo?
- 5- O espelho pode ser considerado uma fonte de luz?
- 6- O que é a aurora boreau?

## 5. Conclusões:

Durante o ano, através dos experimentos, e pela explicação física de fenômenos que ocorrem na natureza, consegui despertar a curiosidade dos alunos. A quantidade de questionamentos era tão grande que chegava a passar aulas inteiras respondendo-os. A reação dos alunos foi muito motivadora também para mim como profissional. Alunos que antes demonstravam claramente sua insatisfação pela Física, afirmando não gostarem e não entenderem, hoje gostam e compreendem o quanto a Física, assim como a Biologia, é importante e necessária na vida das pessoas tornando-as próximas e presentes e não mais distantes de sua realidade.

Os resultados obtidos podem ser verificados e analisados nos gráficos apresentados no capítulo 4. A análise dos resultados para Mecânica, permite concluir que o rendimento dos alunos que cursaram o ensino tradicional em escolas da rede particular foi superior aos dos que cursaram em escolas da rede pública. Outro resultado obtido foi que os alunos da turma 1A-N2, turma piloto que recebeu o ensino ativo mostrou rendimento bastante superior, quando comparada com as demais turmas da rede particular, que só receberam o ensino tradicional.

A partir da análise dos resultados da capítulo 4 para Óptica, <sup>observam</sup> que o ensino de modo tradicional apresentou rendimento crescente na seguinte ordem: escolas curso preparatório, da rede pública e da rede particular. Assim como o ensino ativo aplicado nas duas turmas de Óptica 1C e 2C foi bastante superior com médias em torno de sete, comparado ao tradicional com médias em torno de um.

Através dos resultados apresentados observamos que, quanto mais diversificada, motivadora e clara for a aula, maior o rendimento apresentado pela turma. Portanto acreditamos que devemos tornar as aulas mais significativas e concretas e menos expositivas e abstratas. O aluno deve ter uma participação ativa na realização dos experimentos e na discussão de situações cotidianas, como as apresentadas neste trabalho.

**Bibliografia:**

- 1- Calçada, Caio S. e Sampaio, José L., Universo da Física 1, Atual Editora, 3 volumes (2001).
- 2- Helou, Gualter e Newton, Tópicos de Física I, Editora: Saraiva, 18ª Edição reformulada e ampliada (2001).
- 3- Halliday, Resnick e Walker, Fundamentos da Física – vol. 1, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 4ª Edição (1996).
- 4- Nicolau e Toledo – Volume único, Atual Editora – São Paulo (1998).
- 5- Ramalho, Nicolau e Toledo, Fundamentos da Física I, Editora: Moderna, 6ª Edição (1997)
- 6- Helou, Gualter e Newton, Tópicos de Física II, Editora: Saraiva, 18ª Edição reformulada e ampliada (2001).
- 7- Ramalho, Nicolau e Toledo, Fundamentos da Física II, Editora: Moderna, 6ª Edição (1997)
- 8- Calçada, Caio S. e Sampaio, José L., Universo da Física 2, Atual Editora, 3 volumes (2001).
- 9- Helou, Gualter e Newton, Tópicos de Física 2, Editora: Saraiva, 17ª Edição (1998).
- 10- Gaspar, Alberto, Física, Editora: Ática, volume: único, 1ª Edição (2001).
- 11- Calçada, Caio S. e Sampaio, José L., Física Clássica, Atual Editora, 5 volumes (1985).
- 12- Fuke, Carlos e Kazuhito, Os alicerces da Física I, Editora: Saraiva, 6ª Edição reformulada (1993).
- 13- Fuke, Carlos e Kazuhito, Os alicerces da Física II, Editora: Saraiva, 6ª Edição reformulada (1993).
- 14- Arciprete, Nicolangelo D. e Granado, Néelson V., Física 2, Editora: Ática (1995).

- 
- 15- Helou, Gualter e Newton, Tópicos de Física 1, Editora: Saraiva, 17ª Edição (1998).
- 16- Ueno e Yamamoto, Estudos de Física- volume 2, Editora: Moderna, 2ª Edição(1982)
- 17- Nussenzveig, H. Moysés, Curso de Física Básica – vol 1 e 2, Editora Edgard Blücher Ltda, 3ª Edição (1996).
- 18- Tipler, Paul, Física – vol.4 (Ótica e Física Moderna), Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 3ª Edição (1995).
- 19- Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) - Ciências Naturais – 1997-  
pág: 229 à 238.
- 20- Salvador, César Coll & Cols- Psicologia do Ensino- Cap. 11 – A Teoria da Aprendizagem Verbal Significativa – pág: 231 à 240.
- 21- de Castro, Robson Costa.  
“É possível estudar Óptica observando a natureza?” – Vamos ver como!  
Resumos da XXIV Jornada de Iniciação Científica e XIV Jornada de Iniciação Artística e Cultural – UFRJ, 2002, XLI.
- 22- da Silva, Marcelo Elias  
“Um jeito diferente de ensinar o atrito”  
Resumos da XXIV Jornada de Iniciação Científica e XIV Jornada de Iniciação Artística e Cultural – UFRJ, 2002, XLV.
- 23- de Castro, Robson Costa  
“Contextualizando a Física com a Natureza”  
ENLIF II – Agosto 2002 - UFRJ



24- Moraes, Arthur Marques e Moraes, Itamar José

“A Avaliação Conceitual de Força e Movimento” – Revista Brasileira de Ensino de Física, 22, nº 22, 2000 – pág:30 à 44.

25- Cunha, Altair L. e Caldas, Helena

“Modos de Raciocínio Baseados na Teoria do Impetus: um estudo com Estudantes e Professores do Ensino Fundamental e Médio” – Revista Brasileira de Ensino de Física, 23, nº 1, 2001 – pág: 93 à 103.

26- Magalhães, Murilo de F., Santos, Wilma M. S. e Dias, Penha M. C.

“Uma proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. – Revista Brasileira de Ensino de Física, 24, nº 4, 2002 – pág: 1 à 8.